GUIDE POUR LE CHOIX D'UN CÂBLE ÉLECTRIQUE BASSE TENSION

Document technique

Préparé par : TUNISIE CABLES

PARTIE TECHNIQUE

Structure des câbles électriques.....60

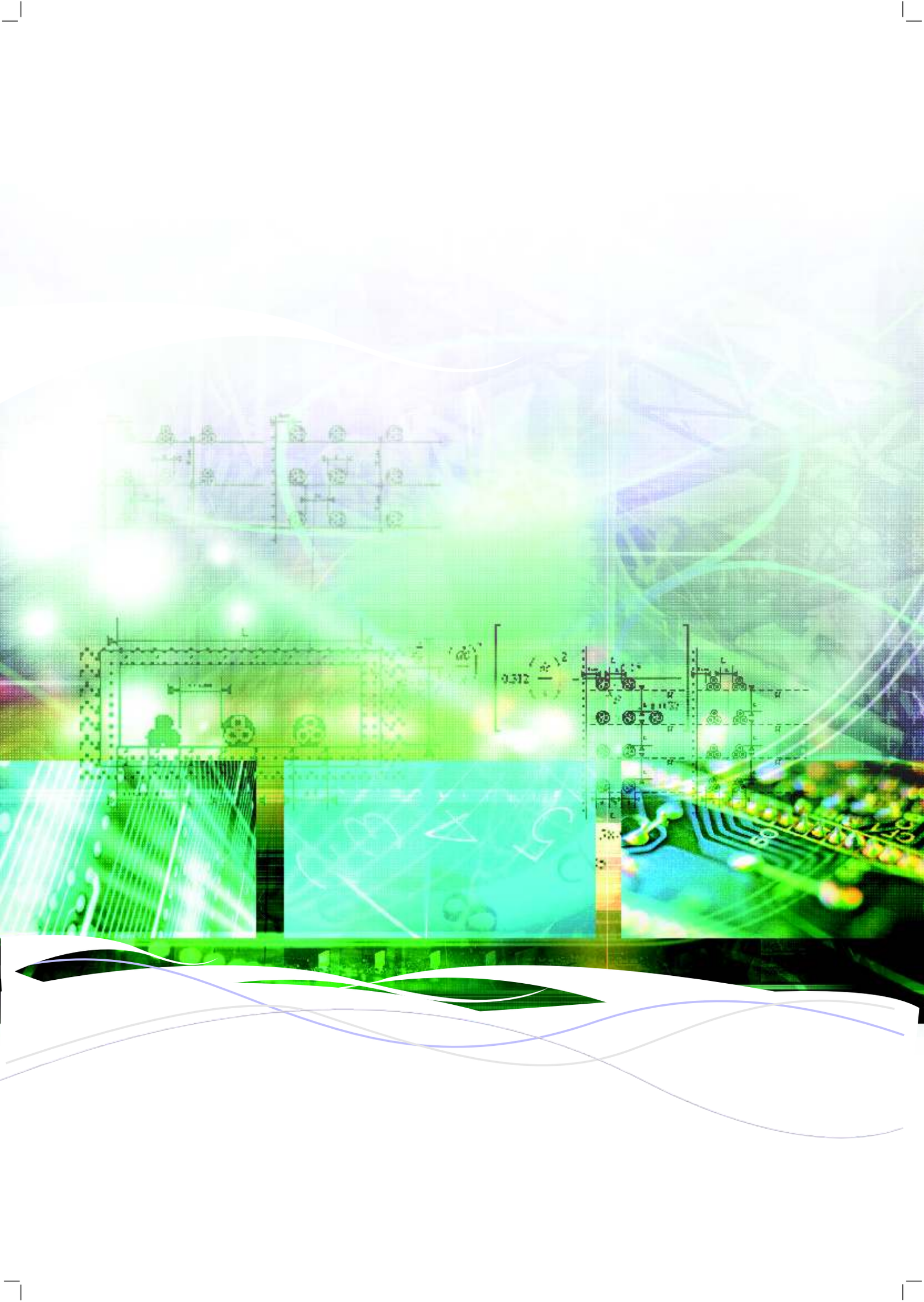
Caractéristiques des ames normalisées.....61

Caractéristiques des matériaux pour isolation et pour gainage.....63

Tourets de livraison.....64

Caractéristiques électriques.....65

Guide pour le choix d'un câble électrique basse tension.....67



STRUCTURE DES CÂBLES ELECTRIQUES

Un câble électrique comprend toujours une partie active métallique (âme conductrice) dont le rôle est de conduire le courant électrique et une ou plusieurs couches concentriques de matériaux isolants et protecteurs.

Ame conductrice

Elle peut être massive, rigide ou souple, ou même, extra souple (câble soudure) Elle peut être en cuivre, en aluminium ou en alliage d'aluminium.
Les caractéristiques des âmes conductrices sont indiquées dans les pages suivantes.

Isolation

Elle est également appelée "enveloppe". Son rôle est électrique.
Le matériau d'isolation doit avoir des caractéristiques électriques appropriées avec l'utilisation du câble.
Les caractéristiques des matériaux d'isolation sont indiquées dans les pages suivantes.
Les isolations sont extrudées (PVC, PR).
Les normes et les spécifications indiquent "l'épaisseur moyenne minimum" à respecter.

Assemblage

C'est le cas des câbles à plusieurs conducteurs.
Les conducteurs sont groupés de façon géométrique. Quand le câble a plus de 5 conducteurs, ces derniers sont assemblés en plusieurs couches.
Une couche comporte toujours 6 conducteurs de plus que la couche précédente si les conducteurs ont le même diamètre.
Ex. : (1 + 6 + 12 + 18 + 24 ...)
(3 + 9 + 15 + 21 + 27 ...)
L'assemblage de 2 à 5 conducteurs laisse un vide important entre les conducteurs. Ce vide est comblé par un bourrage. Ce dernier sert également à donner aux câbles une section circulaire.
Le bourrage peut être extrudé ou posé en même temps que l'on assemble les conducteurs.

Repérage des conducteurs

Pour raccorder, sans erreur, les conducteurs d'un câble, il faut pouvoir les différencier avec certitude.
Plusieurs possibilités sont utilisées :
- Conducteur de couleur.
- Conducteur noir avec numéro imprimé en blanc.
- Conducteur pilote et directionnel.
Ce type de repérage est habituellement réservé aux câbles à 7 conducteurs et plus.
Chaque couche de conducteur comporte un conducteur coloré dit conducteur pilote, un conducteur d'une autre couleur dit conducteur directionnel, et les autres conducteurs de la couche d'une autre couleur.

Ex.: 1 conducteur bleu,1 conducteur rouge, 10 conducteurs noirs.

Bourrage

Le bourrage a pour but de remplir les interstices entre les conducteurs afin de donner au câble une forme cylindrique.

Protection du ou des conducteurs

Le degré de protection requis pour un câble dépend de l'environnement dans lequel il sera posé et de son utilisation courante.

Gaine

C'est la protection la plus simple.
Elle est extrudée (PVC, Polyéthylènes, Polychloroprène), et peut également faire bourrage.

Armures

C'est la protection contre les chocs.
Les câbles BT 1000 V qui possèdent une armure peuvent être enterrés sans autre protection.
Les armures sont toujours métalliques et peuvent être réalisées de différentes façons.

. armure en feuillard d'acier
Le feuillard est une bande de 0,2 mm, 0,5 mm ou 0,8 mm d'épaisseur suivant le diamètre du câble, et de largeur comprise entre 20 et 50 mm.
On pose généralement 2 feuillards à déjoint, le deuxième recouvrant l'espace laissé libre par le premier (généralement 1/3 de la largeur).
Les feuillards peuvent être galvanisés ou nus.

. armure en feuillards d'aluminium
Identique au type ci-dessus mais en alliage d'aluminium. Elle est utilisée sur les monoconducteurs, pour éviter les pertes dues aux courants de Foucault. Elle peut jouer le rôle d'écran.

. armure en fils d'acier galvanisé
Pour réaliser ce type d'armure,on enroule autour du câble un certain nombre de fils d'acier galvanisé, dont le diamètre est compris entre 1 et 3mm suivant le diamètre du câble.
C'est une armure lourde, elle renforce les câbles aussi bien latéralement que longitudinalement.

Ecrans

Les écrans ou blindages ne sont pas destinés à la protection mécanique mais à la protection électrique. Ils sont constitués d'un ou de deux rubans de cuivre, ou d'aluminium enroulés en hélice, ou par une nappe de fils électriquement réunis par une contre spire en ruban ne laissant aucun espace libre.
Ils peuvent être également réalisés par une tresse en fils de cuivre.
Le rôle des écrans peut être différent suivant les types de câbles :
- faire barrière aux champs électro-statiques extérieurs aux câbles ;
- répartir équipotentiellement le champ électrique à l'intérieur du câble (câble MT ou HT) à champ radial ;
- écouler les courants capacitifs ainsi que, en cas de défaut, le courant de court-circuit homopolaire.

CARACTÉRISTIQUES DES AMES NORMALISÉES NF C32-013 - CEI 228

Les âmes sont réparties en classes suivant leur degré de rigidité ou de souplesse .

Ames rigides classe 1 et classe 2,
utilisées pour la fabrication des câbles pour installations fixes. Elles sont définies par leur résistance linéique et par le nombre minimal de brins qu'elles comportent. Elles peuvent être en cuivre ou en aluminium.

Ames souples classe 5 et classe 6,
utilisées pour la fabrication des câbles souples pour liaisons mobiles.
Elles sont définies par leur résistance linéique et par le diamètre maximal des brins qui les composent. Les diamètres sur âmes indiqués dans les tableaux ci-dessous sont donnés à titre indicatif.

Ames rigides classe 1

Section nominale de l'âme mm²	Diamètre approximatif de l'âme		Résistance linéique maximale à 20°C en Ω/Km	
	Cuivre mm	Aluminium mm	Cuivre non étamé	Aluminium
1,5	1,38	-	12,10	-
2,5	1,78	-	7,41	-
4	2,25	-	4,61	-
6	2,76	-	3,08	-
10	3,57	3,55	1,83	3,08
16	4,50	4,50	1,15	1,91
25	5,65	5,55	0,727	1,20
35	6,60	6,45	0,524	0,868
50	7,70	7,60	0,387	0,641
70	9,30	9,10	0,268	0,443
95	10,90	10,70	0,193	0,320
120	12,30	12,00	0,153	0,253
150	13,60	13,30	0,124	0,206
185	-	15,00	-	0,164
240	-	17,10	-	0,125
300	-	19,10	-	0,100

Ames rigides classe 2

Section nominale de l'âme mm²	Ames circulaires non rétreintes Cu et Alu		Ames rétreintes Cuivre et Aluminium						Résistance linéique maximale à 20°C en Ω/Km	
	Nombre minimal de brins	Diamètre approxi-matif de l'âme mm	Nombre de brins min.				Diamètre approximatif de l'âme mm		Cuivre non étamé	Aluminium
			Circulaires		Sectorales					
			Cuivre	Alu	Cuivre	Alu	Cuivre	Alu		
1,5	7	1,5	-	-	-	-	1,70	-	12,10	-
2,5	7	2,1	-	-	-	-	2,10	-	7,41	-
4	7	2,5	-	-	-	-	2,55	-	4,61	-
6	7	3,1	-	-	-	-	2,90	-	3,08	-
10	7	4,05	-	-	-	-	3,80	-	1,83	3,08
16	7	5,1	6	6	-	-	4,80	4,65	1,15	1,91
25	7	6,4	6	6	6	6	6,00	5,90	0,727	1,20
35	7	7,6	6	6	6	6	7,10	6,80	0,524	0,868
50	19	8,9	6	6	6	6	8,40	7,90	0,387	0,641
70	19	10,7	12	12	12	12	10,00	9,75	0,268	0,443
95	19	12,6	15	15	15	15	11,20	11,40	0,193	0,320
120	37	14,2	18	15	18	15	12,90	12,60	0,153	0,253
150	37	15,7	18	15	18	15	14,20	14,10	0,124	0,206
185	37	17,6	30	30	30	30	16	15,60	0,0991	0,164
240	61	20,2	34	30	34	30	18,30	17,90	0,0754	0,125
300	61	22,7	34	30	34	30	20,20	20,10	0,0601	0,100
400	61	25,6	53	53	53	53	-	23,20	0,0470	0,0778
500	61	28,8	53	53	53	53	26,60	27,40	0,0366	0,0605
630	91	32,8	53	53	53	53	32,40	29,60	0,0283	0,0469
800	91	37,0	53	53	-	-	36,30	36,30	0,0221	0,0367
1000	91	41,6	53	53	-	-	-	-	0,0176	0,0291

CARACTÉRISTIQUES DES AMES NORMALISÉES NF C32-013 - CEI 228

Ames souples classe 5

Section nominale de l'âme mm²	Diamètre maximal des brins de l'âme mm	Diamètre approximatif de l'âme mm	Résistance linéique maximale à 20°C en Ω/km	
			Cuivre non étamé	Cuivre étamé
0.5	0.21	0.9	39	40.1
0.75	0.21	1.1	26	26.7
1	0.21	1.3	19.5	20
1.5	0.26	1.5	13.3	13.7
2.5	0.26	1.8	7.98	8.21
4	0.31	2.4	4.95	5.09
6	0.31	3.0	3.30	3.39
10	0.41	4.0	1.91	1.95
16	0.41	5.1	1.21	1.24
25	0.41	6.6	0.780	0.795
35	0.41	7.8	0.554	0.565
50	0.41	9.3	0.386	0.393
70	0.51	11.5	0.272	0.277
95	0.51	13.1	0.206	0.210
120	0.51	14.7	0.161	0.164
150	0.51	16.7	0.129	0.132
185	0.51	18.6	0.106	0.108
240	0.51	21.0	0.0801	0.0817
300	0.51	23.6	0.0641	0.0654
400	0.51	27.5	0.0486	0.0495
500	0.61	31.3	0.0384	0.0391

Ames souples classe 6

Section nominale de l'âme mm²	Diamètre maximal des brins de l'âme mm	Diamètre approximatif de l'âme mm	Résistance linéique maximale à 20°C en Ω/km	
			Cuivre non étamé	Cuivre étamé
0,5	0,16	0,9	39	40,1
0,75	0,16	1,1	26	26,7
1	0,16	1,3	19,5	20
1,5	0,16	1,6	13,3	13,7
2,5	0,16	2,3	7,98	8,21
4	0,16	2,9	4,95	5,09
6	0,21	3,4	3,30	3,39
10	0,21	4,5	1,91	1,95
16	0,21	5,1	1,21	1,24
25	0,21	6,6	0,780	0,795
35	0,21	8,6	0,554	0,565
50	0,31	10,2	0,386	0,393
70	0,31	12,3	0,272	0,277
95	0,31	14,2	0,206	0,210
120	0,31	15,0	0,161	0,164
150	0,31	17,0	0,129	0,132
185	0,41	18,7	0,106	0,108
240	0,41	21,4	0,081	0,0817
300	0,41	23,9	0,0641	0,0654

CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX POUR ISOLATION ET POUR GAINAGE

Les matériaux pour l'isolation et le gainage des câbles se répartissent en deux catégories :

* **Les PLASTOMERES** dont l'état physique évolue en fonction de la température.

Ils se ramollissent et se déforment alors sous l'effet d'une contrainte mécanique : c'est le FLUAGE.

On trouve dans cette catégorie le PVC et le Polyéthylène.

* **Les ELASTOMERES** sont, par contre, des matières dont l'état physique est stabilisé par la vulcanisation ou la réticulation.

Le plus utilisé pour l'isolation des câbles est le PR (Polyéthylène réticulé).

Parmi d'autres il y a l'EPR ou EPDM (Caoutchouc / Ethylène / Propylène) et l'EVA (Ethylène / Vinyle / Acétate) très intéressant pour sa tenue à la coupure à chaud.

Parmi les matériaux de gainage on trouve le PCP (Polychloroprène), le CSP (Polyéthylène Chlorosulfoné), le CPE (Polyéthylène chloré) et le caoutchouc-nitrile-acrilique, dont les caractéristiques sont indiquées dans les tableaux ci-après.

Certaines caractéristiques peuvent être améliorées par la fabrication de compounds à base de plusieurs élastomères.

Comportement aux risques physiques et chimiques des matériaux

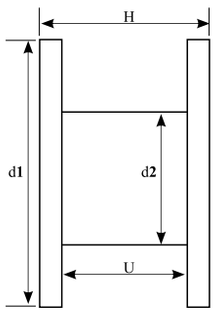
UTILISATION	Tempé-rature°C	Caout-chouc	EPR	PR	EVA	PVC	Poly-chloroprène	Polyéthylène chlorosulfoné	Polyéthylène chloré	PVC Nitrile vulcanisé	Polyéthylène avec 2% de noir de carbone
TYPE DE RISQUES											
Déchirement		3	3	3	3	3	1	2	2	3	3
Aux chocs		2	1	3	3	3	3	3	3	3	2
Abrasion		2	2	2	3	3	3	3	3	3	2
Au fluage		3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
Souplesse		3	3	1	3	1 à 3	3	3	3	3	1
Intempéries		1	3	3	3	2	3	3	3	3	3
A l'ozone		1	3	3	3	2	3	3	3	2	3
Aux acides :											
- chlorhydrique 37 %	20	1	3	3	2	2	3	3	3	3	
- sulfurique à 50 %	70	1	3	3	2	2	3	3	3	1	3
-acétique à 30 %	20	1	1	2	2	2	3	3	3	2	2
- nitrique à 30 %	20	1	1	2	1	2	1	3	1	1	2
Aux bases :											
- soude											
(solution à 46,6 %)	70	1	1	2	2	2	3	3	3	1	2
- ammoniaque	70	1	2	3	2	2	3	3	3	2	3
Aux hydrocarbures :											
- huiles minérales	20	1	1	1	2	3	3	3	3	3	1
- aromatiques	20	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
- essence	20	1	1	1	1	2	2	2	2	3	1
- gas-oil (fuel)	20	1	1	1	1	2	3	3	2	3	1
- kérosène	20	1	1	1	1	2	1	2	2	3	1
Cétones	20	1	3	3	1	1	2	2	2	1	2
Ester	30	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
Alcool	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tenue de matériaux : 1 mauvaise
2 limitée
3 bonne

La tenue d'un matériau dépend de divers facteurs (durée, température, concentration, fréquence des contacts).

Caractéristique des tourets bois normalisés

Dénomination		XBN	ABN	BBN	CBN	DBN	EBN	FBN	GBN	HBN
d1 : des joues	mm	600	750	900	1050	1200	1400	1650	1900	2200
d2 : du tambour	mm	350	350	450	550	650	800	960	1200	1400
u : Largeur utile	mm	300	350	450	450	600	600	600	950	1000
H : Largeur Hors tout	mm	385	435	555	555	705	720	735	1150	1220
d3 : trou central	mm	42	82	82	82	82	82	82	82	82
Charge maximum	Kg	200	500	700	800	1200	1500	2500	4000	5000
Tare	Kg	25	35	73	85	125	190	290	475	690



Capacité des tourets bois normalisés

Type	600	750	900	1050	1200	1400	1650	1900	2200
	X	A	B	C	D	E	F	G	H
Garde au sol approximative en mm	50	50	50	50	50	50	50	50	50
D mm	Longueurs admissibles sur les tourets bois								
8	425	1170	2240	3235					
10	267	800	1455	2070	3545				
12	190	520	980	1340	2395	3200			
14	131	365	720	1015	1800	2270	3390		
16	88	279	515	755	1380	1760	2540		
18	79	223	415	620	1040	1350	2005		
20		172	320	490	870	1135	1580	3250	
22		127	250	400	710	935	1320	2545	
24		121	230	315	585	780	1125	2130	3050
26		90	185	257	470	640	945	1795	2625
28			175	248	435	510	775	1485	2225
30			130	191	355	490	660	1410	1910
32				180	325	380	595	1175	1620
34				135	257	365	495	960	1530
36				125	244	287	470	930	1265
38				116	184	271	375	770	1230
40				114	184	271	375	715	1030
42				80	174	206	355	685	955
44					163	191	275	550	785
46					125	191	275	525	755
48					115	178	257	500	725
50					115	178	209	500	725
52					107	126	190	385	575
54					107	126	190	365	550
56					98	115	174	345	520
58						115	174	345	520
60						115	135	325	400
64							121	237	375
68							108	221	350
72							108	221	254
80									212
84									197
88									197
90									197

La longueur admissible sur les tourets peut être calculée par la formule suivante :

$$L_m = \underbrace{\left(\frac{u}{D}\right)}_{N1} \underbrace{\left(\frac{\frac{d_1 - d_2}{2} - G}{D}\right)}_{N2} \left(\frac{d_2}{2} + N_2 D\right) \frac{11}{1000}$$

(G = garde au sol en mm)
N1 et N2 doivent être arrondis à l'unité inférieure

Câbles rigides Cuivre et Aluminium 1 KV non armés

Section mm²	RESISTANCE (Ω/km)			REACTANCE (Ω / km) à 50 Hz - Lω	IMPEDANCE (Ω/km) à 50 Hz et 90°C pour cos φ			
	Courant continu		Courant altern Ra 90°C		1	0.8	0.5	0.3
	Rc 20°C	Rc 90°C						
Câbles multipolaires cuivre								
1,5	12,10	15,43	15,43	0,107	15,43	12.41	7,81	4,73
2,5	7,41	9,45	9,45	0,100	9,45	7,62	4,81	2,93
4	4,61	5,88	5,88	0,094	5,88	4,76	3,02	1,85
6	3,08	3,93	3,93	0,088	3,93	3,19	2,04	1,26
10	1,83	2,33	2,33	0,0785	2,33	1,91	1,23	0,77
16	1,15	1,47	1,47	0,0754	1,47	1,22	0,80	0,51
25	0,727	0,927	0,927	0,0754	0,930	0,787	0,529	0,350
35	0,524	0,668	0,668	0,0754	0,672	0,580	0,399	0,272
50	0,387	0,493	0,494	0,0754	0,500	0,441	0,313	0,220
70	0,268	0,342	0,343	0,0722	0,350	0,318	0,234	0,172
95	0,193	0,246	0,247	0,0722	0,257	0,241	0,186	0,143
120	0,153	0,195	0,197	0,0722	0,210	0,201	0,161	0,128
150	0,124	0,158	0,16	0,0722	0,176	0,171	0,143	0,117
185	0,0991	0,1264	0,1291	0,0722	0,1479	0,1466	0,1271	0,1076
240	0,0754	0,0961	0,0997	0,0722	0,1232	0,1232	0,1124	0,0988
300	0,0601	0,0766	0,0812	0,0691	0,1066	0,1064	0,1004	0,0903
Câbles unipolaires cuivre								
50	0,387	0,493	0,493	0,0880	0,501	0,448	0,323	0,232
70	0,268	0,342	0,343	0,0848	0,353	0,325	0,245	0,184
95	0,193	0,246	0,247	0,0848	0,261	0,249	0,197	0,155
120	0,153	0,195	0,196	0,0816	0,212	0,206	0,169	0,137
150	0,124	0,158	0,160	0,0816	0,180	0,177	0,151	0,126
185	0,0991	0,1264	0,1285	0,0816	0,1522	0,1518	0,1349	0,1164
240	0,0754	0,0961	0,0991	0,0785	0,1264	0,1264	0,1175	0,1046
300	0,0601	0,0766	0,0803	0,0785	0,1123	0,1113	0,1081	0,0990
400	0,0470	0,0599	0,0646	0,0785	0,1017	0,0988	0,1003	0,0943
Câbles multipolaires aluminium								
35	0,868	1,113	1,113	0,0754	1,115	0,936	0,622	0,406
50	0,641	0,822	0,822	0,0754	0,825	0,703	0,476	0,318
70	0,443	0,568	0,569	0,0722	0,574	0,499	0,347	0,240
95	0,320	0,410	0,411	0,0722	0,418	0,372	0,268	0,192
120	0,253	0,324	0,325	0,0722	0,333	0,304	0,225	0,166
150	0,206	0,264	0,265	0,0722	0,275	0,255	0,195	0,148
185	0,164	0,210	0,212	0,0722	0,224	0,213	0,168	0,132
240	0,125	0,160	0,162	0,0691	0,177	0,171	0,141	0,115
300	0,100	0,128	0,131	0,0691	0,148	0,146	0,125	0,105
Câbles unipolaires aluminium								
50	0,641	0,822	0,822	0,0880	0,827	0,710	0,487	0,330
70	0,443	0,568	0,568	0,0848	0,574	0,505	0,357	0,251
95	0,320	0,410	0,411	0,0848	0,420	0,380	0,279	0,204
120	0,253	0,324	0,325	0,0816	0,335	0,309	0,233	0,175
150	0,206	0,264	0,265	0,0816	0,277	0,261	0,203	0,157
185	0,164	0,210	0,212	0,0816	0,227	0,218	0,176	0,141
240	0,125	0,160	0,162	0,0785	0,180	0,177	0,149	0,124
300	0,1000	0,1282	0,1304	0,0785	0,1522	0,1515	0,1332	0,1140
400	0,0778	0,0997	0,1027	0,0785	0,1293	0,1293	0,1193	0,1057

Câbles rigides Cuivre et Aluminium 1 KV armés

Section mm²	RESISTANCE (Ω /km)			REACTANCE (Ω / km) à 50 Hz - Lω	IMPEDANCE (Ω /km) à 50 Hz et 90°C pour cos φ			
	Courant continu		Courant altern Ra 90°C		1	0.8	0.5	0.3
	Rc 20°C	Rc 90°C						
Câbles multipolaires cuivre								
1,5	12,10	15,43	15,43	0,122	15,43	12,42	7,82	4,74
2,5	7,41	9,45	9,45	0,116	9,45	7,63	4,82	2,95
4	4,61	5,88	5,88	0,110	5,88	4,77	3,03	1,87
6	3,08	3.93	3,93	0,100	3,93	3,20	2,05	1,27
10	1,83	2,33	2,33	0,094	2,34	1,92	1,25	0,790
16	1,15	1,47	1,47	0,0911	1,47	1,23	0,81	0,53
25	0,727	0,927	0,927	0,0911	0,931	0,796	0,542	0,365
35	0,524	0,668	0,668	0,0911	0,674	0,589	0,413	0,287
50	0,387	0,493	0,494	0,0879	0,502	0,448	0,323	0,232
70	0,268	0,342	0,343	0,0879	0,354	0,327	0,247	0,187
95	0,193	0,246	0,247	0,0879	0,262	0,250	0,200	0,158
120	0,153	0,195	0,197	0,0879	0,216	0,210	0,175	0,143
150	0,124	0,158	0,16	0,0879	0,183	0,181	0,156	0,132
185	0,0991	0,1264	0,1291	0,0879	0,1562	0,1560	0,1407	0,1226
240	0,0754	0,0961	0,0997	0,0879	0,1330	0,1326	0,1260	0,1138
300	0,0601	0,0766	0,0812	0,0848	0,1174	0,1158	0,1140	0,1053
Câbles multipolaires aluminium								
35	0,868	1,113	1,113	0,0911	1,117	0,945	0,635	0,421
50	0,641	0,822	0,822	0,0879	0,827	0,710	0,487	0,330
70	0,443	0,568	0,569	0,0879	0,576	0,508	0,361	0,255
95	0,320	0,410	0,411	0,0879	0,421	0,382	0,282	0,207
120	0,253	0,324	0,325	0,0879	0,337	0,313	0,239	0,181
150	0,206	0,264	0,265	0,0879	0,279	0,265	0,209	0,163
185	0,164	0,210	0,212	0,0879	0,229	0,222	0,182	0,147
240	0,125	0,160	0,162	0,0879	0,185	0,183	0,157	0,133
300	0,100	0,128	0,131	0,0848	0,156	0,156	0,139	0,120

Câbles souples 450/750 volts

Section mm²	RESISTANCE (Ω /km)			REACTANCE (Ω / km) à 50 Hz - Lω	IMPEDANCE (Ω /km) à 50 Hz et 90°C pour cos φ			
	Courant continu		Courant altern Ra 90°C		1	0.8	0.5	0.3
	Rc 20°C	Rc 90°C						
Câbles multipolaires cuivre								
1	19,5	24,9	24,9	0,110	24,9	20	12,5	7,6
1,5	13,3	17,0	17,0	0,104	17,0	13,6	8,6	5,2
2,5	7,98	10,18	10,18	0,100	10,18	8,2	5,17	3,15
4	4,95	6,31	6,31	0,094	6,31	5,11	3,24	1,98
6	3,30	4,21	4,21	0,091	4,21	3,42	2,18	1,35
10	1,91	2,44	2,44	0,0879	2,44	2,00	1,29	0,81
16	1,21	1,54	1,54	0,0816	1,55	1,28	0,84	0,54
25	0,780	0,995	0,995	0,0816	0,998	0,845	0,568	0,376
35	0,554	0,706	0,706	0,0785	0,711	0,612	0,421	0,287
50	0,386	0,492	0,493	0,0785	0,499	0,442	0,315	0,223
70	0,272	0,347	0,347	0,0785	0,356	0,325	0,242	0,179
95	0,206	0,263	0,264	0,0785	0,275	0,258	0,200	0,154
Câbles multipolaires aluminium								
50	0,386	0,492	0,492	0,0973	0,502	0,452	0,330	0,240
70	0,272	0,347	0,348	0,0973	0,361	0,337	0,258	0,197
95	0,206	0,263	0,264	0,0973	0,281	0,269	0,216	0,172
120	0,161	0,205	0,206	0,0942	0,227	0,222	0,185	0,152
150	0,129	0,164	0,166	0,0911	0,189	0,187	0,162	0,137
185	0,106	0,135	0,137	0,0911	0,165	0,164	0,147	0,128
240	0,0801	0,1021	0,1044	0,0911	0,1385	0,1382	0,1311	0,1182
300	0,0641	0,0817	0,0846	0,0879	0,122	0,1204	0,1184	0,1092

Choix d'un câble électrique

Avant de choisir un câble électrique, il faut connaître les différents éléments suivants :

- tension du réseau
- puissance à transporter
- chute de tension admissible
- conditions de pose
- conditions de protection électrique de la liaison

Choix de la tension du câble

En basse tension, la tension nominale du câble devra être au moins égale à la tension d'utilisation.
Elle est désignée sous la forme U_0/U, dans laquelle U_0 est la valeur efficace entre l'âme d'un conducteur isolé et le potentiel de référence.
Dans un réseau triphasé, U_0 est la tension efficace entre la phase et le neutre, et U la tension efficace entre phases.
Dans ce cas, U et U_0 sont reliées par la relation : $U = U_0.\sqrt{3}$
Les tensions normalisées sont les suivantes :

Câbles "domestiques" :
300/300 V correspondant aux câbles de référence 03.
300/500 V correspondant aux câbles de référence 05.
Câbles "industriels" :
450/750 V correspondant aux câbles de référence 07
0,6/1 kV correspondant aux câbles de référence 1.

Choix en fonction de la puissance à transporter

La puissance à transporter dans une canalisation permet de calculer l'intensité par phase, et de déterminer la section minimale du câble à utiliser de façon à ne pas dépasser la température limite maximale admissible du matériau constituant l'isolant.

Calcul de l'intensité nécessaire - In

Pour calculer l'intensité à transporter, il faut connaître :

la puissance absorbée par le récepteur P

Si on désigne par le rendement du récepteur, la relation qui lie la puissance absorbée P et la puissance fournie P1 au récepteur est : $P = \frac{P1}{\rho}$

P = puissance absorbée
P1 = puissance fournie
ρ = rendement
ρ = 0,8 si P < 20 CV
ρ = 0,85 si 20 CV < P < 80 CV
= 0,90 si P > 80 CV
La puissance peut être exprimée en
- Chevaux (CV) (1CV = 736 Watts)
- ou en watts : (W)
- ou en volt-ampères (VA).

Il s'agit alors d'une puissance apparente qui tient compte du rendement et du facteur de puissance cos :

$P1 = Pa \times \cos\varphi$

puissance fournie en W — puissance apparente en VA

la tension efficace (U) du réseau en volts (V).

Elle est définie :
- soit par la tension entre 2 conducteurs d'alimentation pour un circuit en courant continu, ou en courant alternatif monophasé.

le facteur de puissance de l'installation : cos φ

Celui-ci est en général égal à :
cos φ = 1 pour les lampes à incandescence et les résistances chauffantes
cos φ = 0,8 à 0,9 pour les moteurs
cos φ = 0,3 à 0,6 pour les lampes fluorescentes.

Note : si le cos φ n'est pas spécifié, on prendra 0,8.
Les formules permettant de calculer In sont alors:

Courant	Formule
Continu :	$I_n = \frac{P}{U}$
Monophasé :	$I_n = \frac{P}{U \times \cos\varphi}$
Alternatif diphasé (distribution 3 fils)	$I_n = \frac{P}{U \times \sqrt{2} \times \cos\varphi}$
Alternatif triphasé	$I_n = \frac{P}{U \times \sqrt{3} \times \cos\varphi}$

I_n est exprimé en Ampères
P est exprimé en Watts (puissance absorbée)
U est exprimé en Volts (tension efficace du réseau).

Facteurs de correction

La valeur de l'intensité ainsi calculée I_n, est celle qui doit transiter dans le câble.
Cette valeur doit être comparée à la valeur de l'intensité maximale admissible dans le câble qui dépend des paramètres suivants:
- température ambiante
- température maximale admissible sur l'âme conductrice (valeur dépendant de la nature des matériaux utilisés pour l'isolation du câble).
- conditions de pose.

Les valeurs d'intensités admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques de chaque câble, correspondent à des conditions de température et de pose bien définies.
Aussi, il est nécessaire de les corriger par des coefficients pour tenir compte des conditions réelles d'utilisation..

facteur de correction de température ambiante

Les valeurs de I admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques sont calculées pour une température ambiante de:
20°C pour les câbles enterrés
30°C pour les câbles à l'air libre.

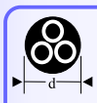
Lorsque la température ambiante est différente de ces valeurs, les valeurs de I admissibles sont à multiplier par un facteur de correction de température K_1 égal à:

$$K_1 = \sqrt{\frac{\theta - T}{\theta - t}}$$

dans laquelle :
T = température ambiante réelle en °C
t = température ambiante de référence en °C
(20°C pour les câbles enterrés, 30°C pour les câbles à l'air libre)
θ = température maximale admissible de l'âme conductrice, dépendant de la nature des matériaux d'isolation.
Cette valeur est précisée dans la norme particulière de chaque câble..
Câble BT isolé PVC θ = 70 °C
Câble BT isolé P.R. θ = 90 °C

facteur de correction de pose

Afin de tenir compte des conditions de pose spécifiques (proximité d'autres câbles, câbles sur tablette, sols de natures différentes, etc...), il est nécessaire de multiplier les I admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques de chaque câble par un facteur de correction de pose K2.
Les différentes valeurs de K2 sont indiquées pour les cas suivants :



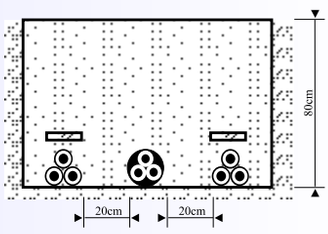
d : diamètre d'un câble multipolaire ou de 2 câbles monopolaires

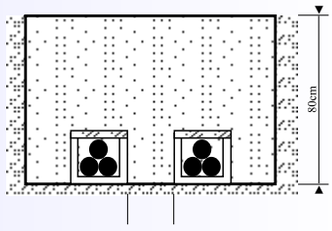
terne : ensemble de 3 câbles monopolaires pour liaison triphasée.

câbles enterrés ou en caniveaux sablés enterrés

Si les canalisations sont suffisamment proches pour qu'un échauffement mutuel se produise, appliquer les coefficients multiplicateurs ci-après :
- Câbles enterrés

		Nombre de canalisations							
		2	3	4	5	6	7	8	>9
K_2	L=0,20	0,85	0,78	0,72	0,66	0,62	0,59	0,56	0,55
	Jointif	0,8	0,7	0,64	0,59	0,56	0,53	0,5	0,5



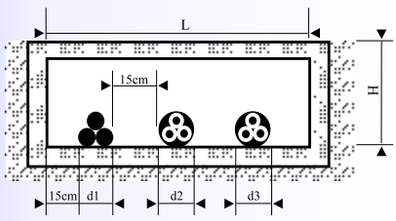


Câbles posés en caniveaux d'usine non sablés

Les intensités admissibles de référence sont celles des câbles posés à l'air libre.

- câbles posés espacés

Si deux ou trois câbles multipolaires ou ternes sont posés en caniveaux avec un intervalle de 15 cm, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 de :
K_2 : 0,9 si r = 0,05
K_2 : 0,75 si r = 0,10
K_2 : 0,60 si r = 0,15



avec :

pour 2 câbles $r = \frac{d1 + d2}{2\,(L + H)}$

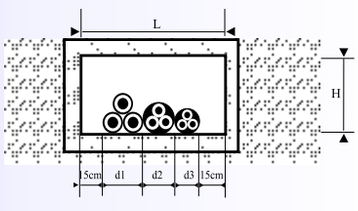
pour 3 câbles $r = \frac{d1 + d2 + d3}{2\,(L + H)}$

- câbles posés jointifs

Si les câbles sont jointifs, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K2 de :

$K_2 = 0,81$ si r = 0,05
$K_2 = 0,68$ si r = 0,10
$K_2 = 0,54$ si r = 0,15
} pour 2 câbles

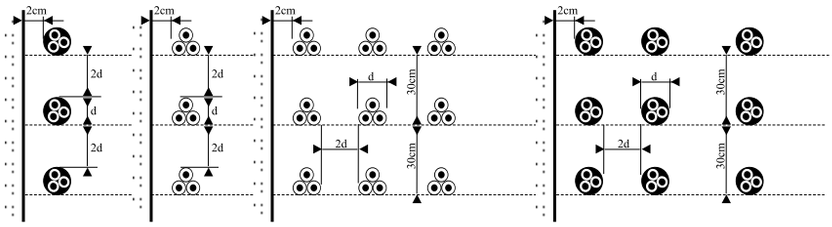
$K_2 = 0,70$ si r = 0,05
$K_2 = 0,62$ si r = 0,10
$K_2 = 0,48$ si r = 0,15
} pour 3 câbles



Câbles posés à l'air libre à l'abri du soleil

Câbles posés espacés sur supports ajourés.

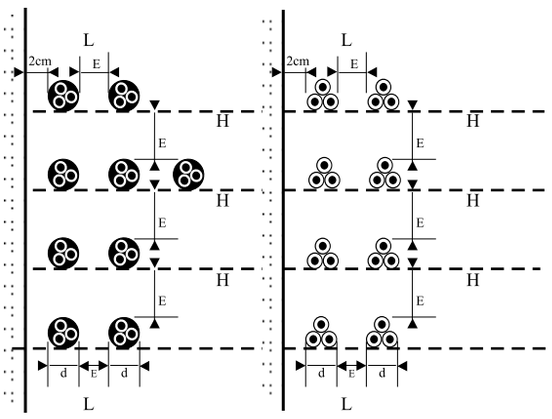
Les intensités admissibles sont données pour des câbles tripolaires ou ternes posés sur supports ajourés ou en galeries aérées, de façon que l'effet de proximité ne se fasse pas sentir.



Si plusieurs câbles sont posés espacés sur supports ajourés, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 suivant

Câbles sur tablettes

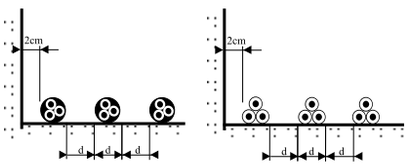
Distance mm L et H	Nombre de Tablette	Nombre de Canalisations partablette 1	2	3	4	5	6
>2d	Ne pas tenir compte d'effet de proximité						
	1	1	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
1/4d	2	0,92	0,87	0,84	0,81	080	0,79
à	3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
2d	4	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
	5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
	6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68
⩽1/4d	1	1	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57



Câbles posés espacés sur le sol

Si les câbles sont posés sur le sol avec un intervalle égal au diamètre d'un câble, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K2 suivant tableau ci-dessous.

Nombre de câbles ou ternes	K2
1	0,95
2	0,90
3	0,88
6	0,85
9	0,84

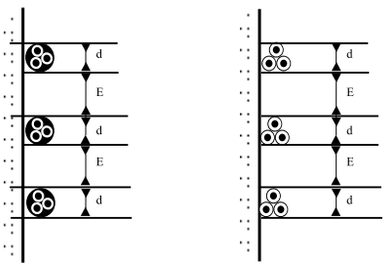


Câbles posés non jointifs sur parois verticales

Si les câbles sont posés non jointifs sur parois verticales, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 indiqué ci-dessous.

$K_2 = 1$ si $E \geqslant 2d$

$K_2 = 0,9$ si $d < E < 2d$



Résistivité thermique du sol

Pour les câbles enterrés, les intensités admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques sont valables pour un terrain dont la résistivité thermique du solest égale à 100°K cm/W.
Pour les terrains dont la résistivité thermique, du sol est différente, on appliquera aux intensités de référence, un coefficient K3 suivant tableau ci-dessous.

Résistivité thermique du terrain (°C cm/W)	Facteur de correction K3	Observations			
		Humidité	Nature du terrain		
40 50 70 85 100	1,25 1,21 1,13 1,05 1	Pose immergée terrain très humide Terrain humide terrain dit normal terrain sec	Marécages Sable		
120 150 200 250 300	0,94 0,86 0,76 0,70 0,65	terrain très sec		Argile et Calcaire	Cendres et mâchefer

Choix de la section en fonction de la chute de tension

La chute de tension en ligne du câble retenu devra être inférieure à la chute de tension maximale tolérée :
Celle-ci est en général de : 3% pour les canalisations d'éclairage, 5% pour les canalisations de force motrice, 10% lors du démarrage des moteurs.

Les formules à utiliser pour le calcul de la chute de tension sont :

Courant	Formule
Courant continu	$\Delta u = 2 . l . I Rc$
Courant alternatif monophasé	$\Delta u = 2lI\ (Ra\cos\varphi + L\omega \sin.\varphi)$ $\Delta u = 2lI.Z$
Courant alternatif triphasé	$\Delta u = lI\sqrt{3}\ (Ra\cos\varphi + L\omega \sin\varphi)$ $\Delta u = lI\sqrt{3}\ . Z$

Avec :

- ΔU : chute de tension (en volts)
- I : Intensité transportée en fonctionnement normal ou intensité de démarrage dans le conducteur (en Ampères)
- l : longueur de la liaison (en km).
- Rc : résistance du conducteur en courant continu, à la température de fonctionnement (en Ω /km)
- Ra : résistance du conducteur en courant alternatif, à la température de fonctionnement (en Ω /km)
- L : self-induction apparente du conducteur (en H/Km)
- ω : pulsation du courant ($\omega = 2\pi f$, f étant la fréquence en Hz)
- cosφ : facteur de puissance du récepteur
- Z : impédance du câble (en Ω /km)

Calcul de la résistance en courant continu Rc

La résistance du conducteur dépend de la nature du matériel conducteur, de la section, de la longueur et de la température.
Les tableaux des pages précédentes donnent pour chaque section de conducteur, et en fonction de la nature du métal, la résistance électrique Rc à la température de 20°C en Ω / km. Pour une température différente, on doit appliquer un coefficient correcteur, calculé comme suit :

$$\underset{\text{à } \theta\ °C}{Rc} = \underset{\text{à } 20\ °C}{Rc} \left| 1 + \alpha\ (\theta - 20) \right|$$

avec :
$\alpha = 0{,}00393$ pour le cuivre
$\alpha = 0{,}00403$ pour l'aluminium

$Rc = Rc \times K$
à θ °C à 20 °C

VALEUR DE $K = 1 + \alpha(\theta - 20)$

Température du conducteur en °C	Coefficient K	
	Cuivre	Alu
20	1	1
25	1,0196	1,0201
30	1,0393	1,0403
35	1,0589	1,0604
40	1,0786	1,0806
45	1,0982	1,1007
50	1,1179	1,1209
55	1,1375	1,1410
60	1,1572	1,1612
65	1,1768	1,1813
70	1,1965	1,2015
75	1,2161	1,2216
80	1,2358	1,2418
85	1,2554	1,2619
90	1,2751	1,2821
95	1,2947	1,3022
100	1,3144	1,3224

Résistance en courant alternatif Ra

La résistance du conducteur en courant alternatif diffère légèrement de celle en courant continu.

Elle se calcule à l'aide des formules suivantes (publication CEI 287) :

$Ra = Rc\ (1 + ys + yp)$

Ra = résistance en courant alternatif à la température de service (en Ω /km).
Rc = résistance en courant continu à la température de service (en Ω /km).
ys = facteur d'effet de peau.
yp = facteur d'effet de proximité.
Ces 2 derniers facteurs sont donnés par les formules suivantes :

$$ys = \frac{x^4 s}{192 + 0{,}8\ x^4 s}$$

avec

$$x^2 s = \frac{8\pi f}{Rc}\ 10^{-9} \times Ks$$

avec :
f = fréquence du courant en Hertz.
Ks = coefficient égal à 1 pour les conducteurs ronds, rétreints ou sectoraux.
Rc = résistance en courant continu en Ω /cm.

$$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0{,}8\ x_p^4} \left(\frac{dc}{s}\right)^2 \left[0{,}312 \left(\frac{dc}{s}\right)^2 + \frac{1{,}18}{\frac{x_p^4}{192 + 0{,}8\ x_p^4}} + 0{,}27 \right]$$

avec Rc
dc = diamètre de l'âme métallique en cm.
S distance entre axes des conducteurs en cm.
kp = 1 pour les conducteurs ronds câblés, rétreints ou sectoraux *.

N. B. : pour les câbles à conducteurs sectoraux * la valeur de yp doit être multipliée par 2/3.

* dc = dx = diamètre d'un conducteur circulaire câblé de même section (en cm).
* s = (d + t) (en cm).
* t = épaisseur de l'isolant entre conducteurs (en cm).

Calcul de la self-induction apparente et de l'impédance des câbles

La self-induction apparente peut être calculée par les formules suivantes :

$$L = 0{,}05 + 0{,}46 \log \frac{d}{r}$$ pour les câbles non armés

$$L = 0{,}1 + 0{,}46 \log \frac{d}{r}$$ pour les câbles armés

avec :
L = en mH/km
d = distance entre les centres des conducteurs en mm.
r = rayon d'un conducteur (en mm).
log = logarithme décimal.

On peut calculer aussi la réactance du câble, qui est égal à l'expression.

$$\text{Réactance} = L\,\omega$$

L = en H/km
ω = $2\pi f$ (f : fréquence du courant en Hz)
Réactance = en Ω /km.

Impédance d'un câble

L'impédance du câble peut se calculer à l'aide des formules suivantes :

en première approximation :

$$Z = \sqrt{Ra^2 + L^2\omega^2}$$

En deuxième approximation :
$Z = Ra\cos\varphi + L\,\omega\,\sin\varphi$

Le tableau ci-après donne des valeurs de self-induction pour les principaux types de câbles B.T. industriels, 1 kV.

Self-induction des câbles BT industriels

Section	Câble rigide Tripolaire non armé	Câble rigide mono-polaire	Câble rigide Tripolaire armé	Câble souple Tripolaire	Câble souple mono-polaire
mm²	mH/Km	mH/Km	mH/Km	mH/Km	mH/Km
1	-	-	-	0,35	-
1,5	0,34	-	0,39	0,33	-
2,5	0,32	-	0,37	0,32	-
4	0,30	-	0,35	0,30	-
6	0,28	-	0,32	0,29	-
10	0,25	-	0,30	0,28	-
16	0,24	-	0,29	0,26	-
25	0,24	-	0,29	0,26	-
35	0,24	-	0,29	0,25	-
50	0,24	0,28	0,28	0,25	0,31
70	0,23	0,27	0,28	0,25	0,31
95	0,23	0,27	0,28	0,25	0,31
120	0,23	0,26	0,28	0,24	0,30
150	0,23	0,26	0,28	0,24	0,29
185	0,23	0,26	0,28	0,24	0,29
240	0,23	0,25	0,28	0,24	0,29
300	0,22	0,25	0,28	0,23	0,28
400	-	0,25	-	-	027
500	-	-	-	-	0,26

Dans la pratique, pour résoudre la plupart des problèmes courants concernant les canalisations BT, on pourra prendre les valeurs d'impédance apparentes indiquées dans le tableau suivant, et qui ont été calculées pour une température moyenne de 65°C au niveau de l'âme conductrice.

Impédance des câbles

(pour θ = 65°C) (en Ω/km)

section mm²	Câbles à âme cuivre		câbles à âme aluminuim	
	Impédance Ω /Km		Impédance Ω /Km	
	cos φ =0,5	cos φ =0,8	cos φ =0,5	cos φ =0,8
Câbles basse tension non armés				
1,5	7,2	11,5	-	-
2,5	4,4	6,9	-	-
4	2,8	4,4	-	-
6	1,9	2,9	-	-
10	1,14	1,7	-	-
16	0,75	1,13	1,20	1,86
25	0,50	0,73	0,79	1,18
35	0,39	0,54	0,59	0,86
50	0,30	0,40	0,45	0,65
70	0,235	0,30	0,34	0,46
95	0,190	0,23	0,26	0,35
120	0,165	0,19	0,22	0,28
150	0,150	0,17	0,19	0,24
185	0,130	0,14	0,17	0,20
240	0,115	0,12	0,14	0,17
300	0,105	0,11	0,13	0,14
Câbles basse tension armés				
1,5	7,2	11,5	-	-
2,5	4,4	6,9	-	-
4	2,78	4,4	-	-
6	1,90	2,96	-	-
10	1,16	1,78	-	-
16	0,765	1,15	1,21	1,87
25	0,512	0,743	0,793	1,19
35	0,390	0,551	0,596	0,88
50	0,309	0,421	0,460	0,662
70	0,239	0,309	0,342	0,475
95	0,192	0,237	0,268	0,358
120	0,169	0,200	0,228	0,295
150	0,152	0,172	0,200	0,250
185	0,138	0,150	0,176	0,211
240	0,129	0,128	0,153	0,174
300	0,115	0,114	-	-

Choix de la section en fonction des intensités de défaut

Dans le choix de la section d'un câble BT, il est indispensable de s'assurer que les protections placées en avant protègent efficacement le câble contre les échauffements dus aux surintensités de défaut.

Les valeurs de densité de courant admissible, en ampères par millimètre carré de section de chacun des conducteurs, en fonction de la durée de la surcharge, sont calculées de façon que la température de l'âme ne dépasse une température limite qui dépend de la nature du matériau d'isolation, à savoir :

150°C pour le polyéthylène
160°C pour le PVC
250°C pour le PR.

Les densités de courant admissibles se calculent à partir de la formule :

$$\delta = \frac{K}{\sqrt{t}} = \frac{Icc}{S}$$

avec :
δ = densité de courant admissible (en A/mm²)
t = durée de la surcharge (en s.)
K = coefficient dépendant de la nature du métal et de la température initiale au moment de la surcharge et de la température admissible en fin de surcharge.
Icc = intensité de court-circuit (en A)
S = section du conducteur (en mm²).
Le tableau ci-après donne les valeurs de pour différentes températures et différentes durées de surcharge.

Tableau des intensités de défaut

Densité de courant admissibles en court-circuit en A/mm²

Isolation	Température °C		Cuivre			Aluminium		
			t =			t =		
	Initiale	Finale	0,5 s	1 s	2 s	0,5 s	1 s	2 s
Polyéthylène	20	150	199	141	99	131	93	66
	30	150	189	134	95	125	88	63
	70	150	150	150	106	75	99	49
Polychlorure de vinyle	20	160	205	145	102	135	96	68
	30	160	195	138	98	127	90	64
	70	160	158	111	79	104	73	52
Caoutchouc éthylène-propylène et polyéthylène réticulé	20	250	249	176	124	164	116	82
	30	250	241	170	120	159	112	79
	90	250	196	139	98	129	91	65

La valeur de K est égale à celle de pour t = 1 seconde.

Exemple : quelle est l'intensité maximale admissible en régime de cout-circuit d'une durée de 1 seconde, sur un câble RO2V 3x16 mm² cuivre, fonctionnant à sa température maximale de service ?
Le câble RO2V comporte une isolation en polyéthylène réticulé. La température maximale du conducteur en service permanent est de 90°C. La température maximale en fin de court-circuit ne doit pas excéder 250°C. Le tableau précédent nous indique donc, pour une durée de court-circuit de 1 seconde :

$$\delta = \frac{Icc}{S} = 139$$

d'où : Icc = 139 x 16 = 2224 A

Si la durée du court-circuit était limitée à 0,5 secondes, nous aurions :

$$\delta = \frac{Icc}{S} = 196$$

Icc = 196 x 16 = 3136 A

Exemples de calcul

EXEMPLE 1:

Soit à alimenter dans un atelier un moteur de 35 CV en 380 volts triphasé, à partir d'une source distante de 30 mètres, le câble d'alimentation sera donc posé seul à l'air libre, et la température ambiante ne dépassera pas 30°C.

L'intensité au démarrage est de 3 In, le rendement du moteur est de 0,85 ; et le cosΦ de 0,8 en marche normale, et de 0,3 en période de démarrage.

Choix du type de câble

Le moteur étant à poste fixe et l'installation du câble ne présentant pas de difficultés particulières, nous choisissons un câble industriel, du type rigide, de la série RO2V.....

Intensité transportée

Nous calculons In.

Le moteur fournit une puissance P1 de 35CV. Donc nous avons :

$$I_n = \frac{P}{U\sqrt{3}\cos\varphi\eta} = \frac{35 \times 736}{380 \times \sqrt{3} \times 0{,}8 \times 0{,}85} = 58\text{A}$$

$$I_n = 58\ \text{A}$$

Nous cherchons dans le tableau des caractéristiques des câbles RO2V, le câble capable de transiter cette intensité.

Nous trouvons que le câble 3x10 mm² cuivre peut transiter 71A lorsqu'il est posé seul, à l'air libre à la température de 30°C.

Chute de tension.

Nous calculons la chute de tension en ligne ΔU.

$\Delta U = 1 \times I \times \sqrt{3}\,(Ra\cos\Phi + L\omega\sin\Phi)$

- En régime normal, nous avons pour le câble 3x10²=

$\Delta U_1 = 58 \times 0{,}030 \times (2{,}33 \times 0{,}8 + 0{,}0785 \times 0{,}6)$

Soit $\Delta U1 = 5{,}76$ volts

N.B.: Nous aurions pu aussi utiliser la formule :

$\Delta U1 = I \times I \times \sqrt{3} \times Z$

Z étant l'impédance pour $\cos\Phi = 0{,}8$

Soit $\Delta U1 = 58 \times 0{,}030 \times \sqrt{3} \times 1{,}91$

$= 5{,}76$ volts.

- En période de démarrage, nous avons pour le câble

3 x 10 mm² = cos Φ = 0,3

et I = 3 In donc Z = 0,77

$\Delta U_2 = 3 \times 58 \times 0.030 \times \sqrt{3} \times 0{,}77$

soit : $U_2 = 6{,}96$ volts

Les chutes de tension maximales tolérées sont de 5% en fonctionnement normal (soit 5%de 380 volts = 19 volts) et de 10% en période de démarrage (soit 8volts).

U1 et U2 étant inférieurs à ces valeurs limites, le câble choisi (3x10 mm² cuivre) convient au niveau des chutes de tension

EXEMPLE 2 :

Reprenons les mêmes données que celles de l'exemple1, mais la température ambiante peut atteindre 60°C,lalongueur du câble étant de 150 mètres, et l'intensité de court-circuit pouvant atteindre 2000A pendant 0,5s.

Choix du type de câble

Pour les mêmes raisons que précédemment, nous choisissons un câble industriel,de type rigide, de la série RO2V.

Intensité transportée

Le calcul de In est le même que précédemment :

$$I_n = \frac{P}{U\sqrt{3}\cos\varphi\eta} = \frac{35 \times 736}{380 \times \sqrt{3} \times 0{,}8 \times 0{,}85} = 58\text{A}$$

Les intensités indiquées dans les tableaux de caractéristiques des câbles RO2V sont valables pour une température ambiante de 30°C (câble à l'air libre). Il faut donc effectuer une correction de température =

$$K = \sqrt{\frac{\theta - \tau}{\theta - \tau}} \quad \text{avec} \quad \theta = 90°C$$

$$\text{Soit : } K_1 = \sqrt{\frac{30}{60}} = 0{,}71$$

Le câble RO2V 3x10 mm² peut transiter :

71A x 0,71 = 50A (valeur insuffisante).

Le câble RO2V de section supérieure 3x16² peut transiter:

96A x 0,71 = 68 A ce qui est acceptable.

Chute de tension

Pour le câble RO2V 3X16 mm² Cu, nous avons en régime normal :

$\Delta U1 = I_n \times I \times \sqrt{3} \times Z$ (cosΦ=0,8)

(Z = 1,22)

$\Delta U1 = 58 \times 0{,}150 \times \sqrt{3} \times 1{,}22$

$\Delta U1 = 18{,}4$ volts

En régime de démarrage :

$\Delta U2 = 3I_n \times I \times \sqrt{3} \times Z$ (cosΦ=0,3)

(Z=0,51)

$\Delta U2 = 3 \times 58 \times 1{,}150 \times \sqrt{3} \times 0{,}51$

$\Delta U2 = 23{,}1$ volts

Ces valeurs étant inférieures aux valeurs maximales tolérées, le câble 3x16² RO2V convient au niveau des chutes de tension.

Intensité de court-circuit

La densité de courant admissible pour les câbles RO2V (isolation en polyéthylène réticulé, température maximale admissible 90°C) est :

$$\delta = \frac{K}{\sqrt{t}} = \frac{139}{\sqrt{0{,}5}} = 196\ \text{A/mm}^2$$

L'intensité de court-circuit étant de 2000 A, la section minimale à choisir sera de : $\frac{2000}{196} = 10{,}2$ mm²

Le câble 3x16 mm² convient donc.

EXEMPLE 3

Reprenons les mêmes données que dans l'exemple2, mais le câble est posé sur tablette, avec 6 autres câbles, en pose jointive. Nous avons vu que le câble 3x16 mm² RO2V peut, à la température de 30°C, transiter 68A lorsqu'il est posé seul. Dans ce cas-ci, étant posé sur tablette avec 6 autres câbles jointifs, nous devons appliquer un coefficient de réduction

$K_2 = 0{,}72$.

D'où

I adm. Du 3x16² = 68 x 0,72 = 49 A ce qui est insuffisant, car I_n = 58 A

Nous prenons donc une section supérieure, le 3x25 mm², pour lequel nous avons :

I adm = 127 x 0,71 x 0,72 = 65 A.

Valeur supérieure à 58A.

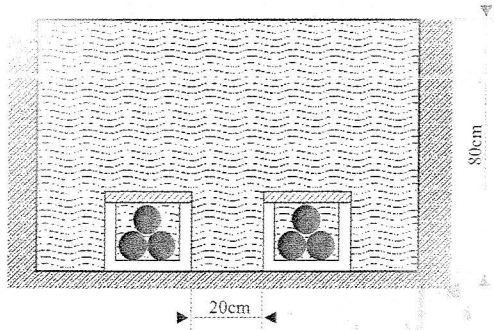
Le câble 3x25 mm² convient donc.

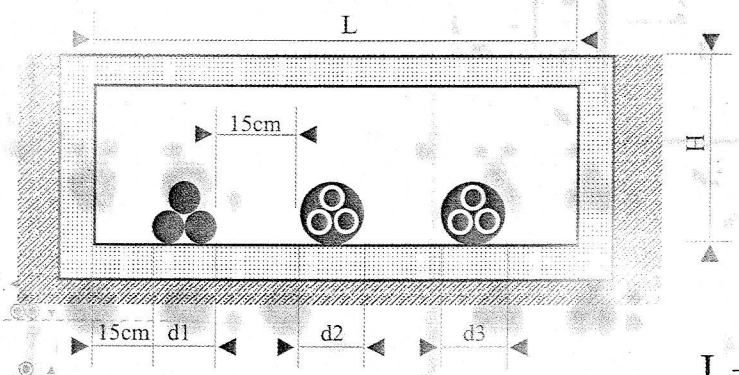
TUNISIE CABLES

Siège : Les Berges du Lac - Cité El Khalij- Rue Loch Ness
Immeuble "Les Arcades" - Tour A - BP 41 - 1080 Tunis Cedex
Tél. : (+216) 71 86 02 44 ***Fax :*** (+216) 71 86 05 71
Email : info@tunisie-cables.com.tn
Site Web : www.tunisie-cables.com.tn
Usine : Z.I. de Grombalia - 8030 Grombalia -Tunisie
Tél. : (+216) 72 25 50 22 ***Fax :*** (+216) 72 25 58 73

PARTIE TECHNIQUE

Structure des câbles électriques..... 63
Caractéristiques des ames normalisées.....64
Caractéristiques des matériaux pour isolation et pour gainage.....66
Tourets de livraison.....67
Caractéristiques électriques.....68
Guide pour le choix d'un câble électrique basse tension.....70





$$I_n = \frac{P}{U}$$

$$I_n = \frac{P}{U \times \cos\varphi}$$

$$I_n = \frac{P}{U \times \sqrt{2} \times \cos\varphi}$$

$$I_n = \frac{P}{U \times \sqrt{3} \times \cos\varphi}$$

Un câble électrique comprend toujours une partie active métallique (âme conductrice) dont le rôle est de conduire le courant électrique et une ou plusieurs couches concentriques de matériaux isolants et protecteurs.

Ame conductrice
Elle peut être massive, rigide ou souple, ou même, extra souple (câble soudure) Elle peut être en cuivre, en aluminium ou en alliage d'aluminium. Les caractéristiques des âmes conductrices sont indiquées dans les pages suivantes.

Isolation
Elle est également appelée "enveloppe". Son rôle est électrique. Le matériau d'isolation doit avoir des caractéristiques électriques appropriées avec l'utilisation du câble.
Les caractéristiques des matériaux d'isolation sont indiquées dans les pages suivantes.
Les isolations sont extrudées (PVC, PR).
Les normes et les spécifications indiquent "l'épaisseur moyenne minimum" à respecter.

Assemblage
C'est le cas des câbles à plusieurs conducteurs.
Les conducteurs sont groupés de façon géométrique. Quand le câble a plus de 5 conducteurs, ces derniers sont assemblés en plusieurs couches.
Une couche comporte toujours 6 conducteurs de plus que la couche précédente si les conducteurs ont le même diamètre.
Ex.: (1+6+12+18+24...)
(3+9+15+21+27...)
L'assemblage de 2 à 5 conducteurs laisse un vide important entre les conducteurs. Ce vide est comblé par un bourrage. Ce dernier sert également à donner aux câbles une section circulaire.
Le bourrage peut être extrudé ou posé en même temps que l'on assemble les conducteurs.

Repérage des conducteurs
Pour raccorder, sans erreur, les conducteurs d'un câble, il faut pouvoir les différencier avec certitude.
Plusieurs possibilités sont utilisées :
- Conducteur de couleur.
-Conducteur noir avec numéro imprimé en blanc.
-Conducteur pilote et directionnel.
Ce type de repérage est habituellement réservé aux câbles à 7 conducteurs et plus.
Chaque couche de conducteur comporte un conducteur coloré dit conducteur pilote, un conducteur d'une autre couleur dit conducteur directionnel, et les autres conducteurs de la couche d'une autre couleur.

Ex.: 1conducteur bleu, 1conducteur rouge, 10 conducteurs noirs.

Bourrage
Le bourrage a pour but de remplir les interstices entre les conducteurs afin de donner au câble une forme cylindrique.

Protection du ou des conducteurs
Le degré de protection requis pour un câble dépend de l'environnement dans lequel il sera posé et de son utilisation courante.

Gaine
C'est la protection la plus simple.
Elle est extrudée (PVC, Polyéthylènes, Polychloroprène), et peut également faire bourrage.

Armures
C'est la protection contre les chocs.
Les câbles BT 1000 V qui possèdent une armure peuvent être enterrés sans autre protection.
Les armures sont toujours métalliques et peuvent être réalisées de différentes façons.

. armure en feuillard d'acier
Le feuillard est une bande de 0,2 mm, 0,5 mm ou 0,8 mm d'épaisseur suivant le diamètre du câble, et de largeur comprise entre 20 et 50 mm.
On pose généralement 2 feuillards à déjoint, le deuxième recouvrant l'espace laissé libre par le premier (généralement 1/3 de la largeur).
Les feuillards peuvent être galvanisés ou nus.

. armure en feuillards d'aluminium
Identique au type ci-dessus mais en alliage d'aluminium. Elle est utilisée sur les monoconducteurs, pour éviter les pertes dues aux courants de Foucault.
Elle peut jouer le rôle d'écran.

. armure en fils d'acier galvanisé
Pour réaliser ce type d'armure,on enroule autour du câble un certain nombre de fils d'acier galvanisé, dont le diamètre est compris entre 1 et 3mm suivant le diamètre du câble.
C'est une armure lourde, elle renforce les câbles aussi bien latéralement que longitudinalement.

Ecrans
Les écrans ou blindages ne sont pas destinés à la protection mécanique mais à la protection électrique. Ils sont constitués d'un ou de deux rubans de cuivre, ou d'aluminium enroulés en hélice, ou par une nappe de fils électriquement réunis par une contre spire en ruban ne laissant aucun espace libre.
Ils peuvent être également réalisés par une tresse en fils de cuivre.
Le rôle des écrans peut être différent suivant les types de câbles :
- faire barrière aux champs électrostatiques extérieurs aux câbles ;
- répartir équipotentiellement le champ électrique à l'intérieur du câble (câble MT ou HT) à champ radial ;
- écouler les courants capacitifs ainsi que, en cas de défaut, le courant de court-circuit homopolaire.

Les âmes sont réparties en classes suivant leur degré de rigidité ou de souplesse.

Ames rigides classe 1 et classe 2, utilisées pour la fabrication des câbles pour installations fixes. Elles sont définies par leur résistance linéique et par le nombre minimal de brins qu'elles comportent. Elles peuvent être en cuivre ou en aluminium.

Ames souples classe 5 et classe 6, utilisées pour la fabrication des câbles souples pour liaisons mobiles.
Elles sont définies par leur résistance linéique et par le diamètre maximal des brins qui les composent. Les diamètres sur âmes indiqués dans les tableaux ci-dessous sont donnés à titre indicatif.

Ames rigides classe 1

Section nominale de l'âme mm²	Diamètre approximatif de l'âme		Résistance linéique maximale à 20°C en Ω/Km	
	Cuivre mm	Aluminium mm	Cuivre non étamé	Aluminium
1,5	1,38	-	12,10	-
2,5	1,78	-	7,41	-
4	2,25	-	4,61	-
6	2,76	-	3,08	-
10	3,57	3,55	1,83	3,08
16	4,50	4,50	1,15	1,91
25	5,65	5,55	0,727	1,20
35	6,60	6,45	0,524	0,868
50	7,70	7,60	0,387	0,641
70	9,30	9,10	0,268	0,443
95	10,90	10,70	0,193	0,320
120	12,30	12,00	0,153	0,253
150	13,60	13,30	0,124	0,206
185	-	15,00	-	0,164
240	-	17,10	-	0,125
300	-	19,10	-	0,100

Ames rigides classe 2

Section nominale de l'âme mm²	Ames circulaires non rétreintes Cu et Alu		Ames rétreintes Cuivre et Aluminium						Résistance linéique maximale à 20°C en Ω /Km	
	Nombre minimal de brins	Diamètre approxi-matif de l'âme mm	Nombre de brins min.				Diamètre approximatif de l'âme mm		Cuivre non étamé	Aluminium
			Circulaires		Sectorales					
			Cuivre	Alu	Cuivre	Alu	Cuivre	Alu		
1,5	7	1,5	-	-	-	-	1,70	-	12,10	-
2,5	7	2,1	-	-	-	-	2,10	-	7,41	-
4	7	2,5	-	-	-	-	2,55	-	4,61	-
6	7	3,1	-	-	-	-	2,90	-	3,08	-
10	7	4,05	-	-	-	-	3,80	-	1,83	3,08
16	7	5,1	6	6	-	-	4,80	4,65	1,15	1,91
25	7	6,4	6	6	6	6	6,00	5,90	0,727	1,20
35	7	7,6	6	6	6	6	7,10	6,80	0,524	0,868
50	19	8,9	6	6	6	6	8,40	7,90	0,387	0,641
70	19	10,7	12	12	12	12	10,00	9,75	0,268	0,443
95	19	12,6	15	15	15	15	11,20	11,40	0,193	0,320
120	37	14,2	18	15	18	15	12,90	12,60	0,153	0,253
150	37	15,7	18	15	18	15	14,20	14,10	0,124	0,206
185	37	17,6	30	30	30	30	16	15,60	0,0991	0,164
240	61	20,2	34	30	34	30	18,30	17,90	0,0754	0,125
300	61	22,7	34	30	34	30	20,20	20,10	0,0601	0,100
400	61	25,6	53	53	53	53	-	23,20	0,0470	0,0778
500	61	28,8	53	53	53	53	26,60	27,40	0,0366	0,0605
630	91	32,8	53	53	53	53	32,40	29,60	0,0283	0,0469
800	91	37,0	53	53	-	-	36,30	36,30	0,0221	0,0367
1000	91	41,6	53	53	-	-	-	-	0,0176	0,0291

Ames souples classe 5

Section nominale de l'âme mm²	Diamètre maximal des brins de l'âme mm	Diamètre approximatif de l'âme mm	Résistance linéique maximale à 20°C en Ω/km	
			Cuivre non étamé	Cuivre étamé
0.5	0.21	0.9	39	40.1
0.75	0.21	1.1	26	26.7
1	0.21	1.3	19.5	20
1.5	0.26	1.5	13.3	13.7
2.5	0.26	1.8	7.98	8.21
4	0.31	2.4	4.95	5.09
6	0.31	3.0	3.30	3.39
10	0.41	4.0	1.91	1.95
16	0.41	5.1	1.21	1.24
25	0.41	6.6	0.780	0.795
35	0.41	7.8	0.554	0.565
50	0.41	9.3	0.386	0.393
70	0.51	11.5	0.272	0.277
95	0.51	13.1	0.206	0.210
120	0.51	14.7	0.161	0.164
150	0.51	16.7	0.129	0.132
185	0.51	18.6	0.106	0.108
240	0.51	21.0	0.0801	0.0817
300	0.51	23.6	0.0641	0.0654
400	0.51	27.5	0.0486	0.0495
500	0.61	31.3	0.0384	0.0391

Ames souples classe 6

Section nominale de l'âme mm²	Diamètre maximal des brins de l'âme mm	Diamètre approximatif de l'âme mm	Résistance linéique maximale à 20°C en Ω/km	
			Cuivre non étamé	Cuivre étamé
0,5	0,16	0,9	39	40,1
0,75	0,16	1,1	26	26,7
1	0,16	1,3	19,5	20
1,5	0,16	1,6	13,3	13,7
2,5	0,16	2,3	7,98	8,21
4	0,16	2,9	4,95	5,09
6	0,21	3,4	3,30	3,39
10	0,21	4,5	1,91	1,95
16	0,21	5,1	1,21	1,24
25	0,21	6,6	0,780	0,795
35	0,21	8,6	0,554	0,565
50	0,31	10,2	0,386	0,393
70	0,31	12,3	0,272	0,277
95	0,31	14,2	0,206	0,210
120	0,31	15,0	0,161	0,164
150	0,31	17,0	0,129	0,132
185	0,41	18,7	0,106	0,108
240	0,41	21,4	0,081	0,0817
300	0,41	23,9	0,0641	0,0654

Les matériaux pour l'isolation et le gainage des câbles se répartissent en deux catégories :

*Les PLASTOMERES dont l'état physique évolue en fonction de la température.

Ils se ramollissent et se déforment alors sous l'effet d'une contrainte mécanique: c'est le FLUAGE.

On trouve dans cette catégorie le PVC et le Polyéthylène.

*Les ELASTOMERES sont, par contre, des matières dont l'état physique est stabilisé par la vulcanisation ou la réticulation.

Le plus utilisé pour l'isolation des câbles est le PR (Polyéthylène réticulé).

Parmi d'autres il y a l'EPR ou EPDM (Caoutchouc / Ethylène / Propylène) et l'EVA (Ethylène / Vinyle / Acétate) très intéressant pour sa tenue à la coupure à chaud.

Parmi les matériaux de gainage on trouve le PCP (Polychloroprène), le CSP (Polyéthylène Chlorosulfoné), le CPE (Polyéthylène chloré) et le caoutchouc-nitrile-acrilique, dont les caractéristiques sont indiquées dans les tableaux ci-après.

Certaines caractéristiques peuvent être améliorées par la fabrication de compounds à base de plusieurs élastomères.

Comportement aux risques physiques et chimiques des matériaux

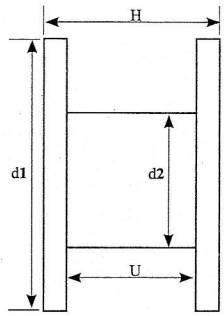
UTILISATION	Température°C	Caoutchouc	EPR	PR	EVA	PVC	Polychloroprène	Polyéthylène chlorosulfoné	Polyéthylène chloré	PVC Nitrile vulcanisé	Polyéthylène avec 2% de noir de carbone
TYPE DE RISQUES											
Déchirement		3	3	3	3	3	1	2	2	3	3
Aux chocs		2	1	3	3	3	3	3	3	3	2
Abrasion		2	2	2	3	3	3	3	3	3	2
Au fluage		3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
Souplesse		3	3	1	3	1 à 3	3	3	3	3	1
Intempéries		1	3	3	3	2	3	3	3	3	3
A l'ozone		1	3	3	3	2	3	3	3	2	3
Aux acides :											
- chlorhydrique 37 %	20	1	3	3	2	2	3	3	3	3	
- sulfurique à 50 %	70	1	3	3	2	2	3	3	3	1	3
-acétique à 30 %	20	1	1	2	2	2	3	3	3	2	2
- nitrique à 30 %	20	1	1	2	1	2	1	3	1	1	2
Aux bases :											
- soude (solution à 46,6 %)	70	1	1	2	2	2	3	3	3	1	2
- ammoniaque	70	1	2	3	2	2	3	3	3	2	3
Aux hydrocarbures :											
- huiles minérales	20	1	1	1	2	3	3	3	3	3	1
- aromatiques	20	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
- essence	20	1	1	1	1	2	2	2	2	3	1
- gas-oil (fuel)	20	1	1	1	1	2	3	3	2	3	1
- kérosène	20	1	1	1	1	2	1	2	2	3	1
Cétones	20	1	3	3	1	1	2	2	2	1	2
Ester	30	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
Alcool	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tenue de matériaux : 1 mauvaise
2 limitée
3 bonne

La tenue d'un matériau dépend de divers facteurs (durée, température, concentration, fréquence des contacts).

Caractéristique des tourets bois normalisés

Dénomination		XBN	ABN	BBN	CBN	DBN	EBN	FBN	GBN	HBN
d1 : des joues	mm	600	750	900	1050	1200	1400	1650	1900	2200
d2 : du tambour	mm	350	350	450	550	650	800	960	1200	1400
u : Largeur utile	mm	300	350	450	450	600	600	600	950	1000
H : Largeur Hors tout	mm	385	435	555	555	705	720	735	1150	1220
d3 : trou central	mm	42	82	82	82	82	82	82	82	82
Charge maximum	Kg	200	500	700	800	1200	1500	2500	4000	5000
Tare	Kg	25	35	73	85	125	190	290	475	690



Capacité des tourets bois normalisés

Type	600	750	900	1050	1200	1400	1650	1900	2200
	X	A	B	C	D	E	F	G	H
Garde au sol approximative en mm	50	50	50	50	50	50	50	50	50
D mm	Longueurs admissibles sur les tourets bois								
8	425	1170	2240	3235					
10	267	800	1455	2070	3545				
12	190	520	980	1340	2395	3200			
14	131	365	720	1015	1800	2270	3390		
16	88	279	515	755	1380	1760	2540		
18	79	223	415	620	1040	1350	2005		
20		172	320	490	870	1135	1580	3250	
22		127	250	400	710	935	1320	2545	
24		121	230	315	585	780	1125	2130	3050
26		90	185	257	470	640	945	1795	2625
28			175	248	435	510	775	1485	2225
30			130	191	355	490	660	1410	1910
32				180	325	380	595	1175	1620
34				135	257	365	495	960	1530
36				125	244	287	470	930	1265
38				116	184	271	375	770	1230
40				114	184	271	375	715	1030
42				80	174	206	355	685	955
44					163	191	275	550	785
46					125	191	275	525	755
48					115	178	257	500	725
50					115	178	209	500	725
52					107	126	190	385	575
54					107	126	190	365	550
56					98	115	174	345	520
58						115	174	345	520
60						115	135	325	400
64							121	237	375
68							108	221	350
72							108	221	254
80									212
84									197
88									197
90									197

La longueur admissible sur les tourets peut être calculée par la formule suivante :

$$L_m = \underbrace{\left(\frac{u}{D}\right)}_{N1} \underbrace{\left(\frac{\frac{d_1 - d_2}{2} - G}{D}\right)}_{N2} \left(d_2 + N_2 D\right) \frac{\Pi}{1000}$$

(G = garde au sol en mm)
N1 et N2 doivent être arrondis à l'unité inférieure

Câbles rigides Cuivre et Aluminium 1 KV non armés

Section mm²	RESISTANCE (Ω /km)			REACTANCE (Ω / km)	IMPEDANCE (Ω /km) à 50 Hz et 90°C pour cos φ			
	Courant continu		Courant altern					
	Rc 20°C	Rc 90°C	Ra 90°C	à 50 Hz - Lω	1	0.8	0.5	0.3
Câbles multipolaires cuivre								
1,5	12,10	15,43	15,43	0,107	15,43	12.41	7,81	4,73
2,5	7,41	9,45	9,45	0,100	9,45	7,62	4,81	2,93
4	4,61	5,88	5,88	0,094	5,88	4,76	3,02	1,85
6	3,08	3,93	3,93	0,088	3,93	3,19	2,04	1,26
10	1,83	2,33	2,33	0,0785	2,33	1,91	1,23	0,77
16	1,15	1,47	1,47	0,0754	1,47	1,22	0,80	0,51
25	0,727	0,927	0,927	0,0754	0,930	0,787	0,529	0,350
35	0,524	0,668	0,668	0,0754	0,672	0,580	0,399	0,272
50	0,387	0,493	0,494	0,0754	0,500	0,441	0,313	0,220
70	0,268	0,342	0,343	0,0722	0,350	0,318	0,234	0,172
95	0,193	0,246	0,247	0,0722	0,257	0,241	0,186	0,143
120	0,153	0,195	0,197	0,0722	0,210	0,201	0,161	0,128
150	0,124	0,158	0,16	0,0722	0,176	0,171	0,143	0,117
185	0,0991	0,1264	0,1291	0,0722	0,1479	0,1466	0,1271	0,1076
240	0,0754	0,0961	0,0997	0,0722	0,1232	0,1232	0,1124	0,0988
300	0,0601	0,0766	0,0812	0,0691	0,1066	0,1064	0,1004	0,0903
Câbles unipolaires cuivre								
50	0,387	0,493	0,493	0,0880	0,501	0,448	0,323	0,232
70	0,268	0,342	0,343	0,0848	0,353	0,325	0,245	0,184
95	0,193	0,246	0,247	0,0848	0,261	0,249	0,197	0,155
120	0,153	0,195	0,196	0,0816	0,212	0,206	0,169	0,137
150	0,124	0,158	0,160	0,0816	0,180	0,177	0,151	0,126
185	0,0991	0,1264	0,1285	0,0816	0,1522	0,1518	0,1349	0,1164
240	0,0754	0,0961	0,0991	0,0785	0,1264	0,1264	0,1175	0,1046
300	0,0601	0,0766	0,0803	0,0785	0,1123	0,1113	0,1081	0,0990
400	0,0470	0,0599	0,0646	0,0785	0,1017	0,0988	0,1003	0,0943
Câbles multipolaires aluminium								
35	0,868	1,113	1,113	0,0754	1,115	0,936	0,622	0,406
50	0,641	0,822	0,822	0,0754	0,825	0,703	0,476	0,318
70	0,443	0,568	0,569	0,0722	0,574	0,499	0,347	0,240
95	0,320	0,410	0,411	0,0722	0,418	0,372	0,268	0,192
120	0,253	0,324	0,325	0,0722	0,333	0,304	0,225	0,166
150	0,206	0,264	0,265	0,0722	0,275	0,255	0,195	0,148
185	0,164	0,210	0,212	0,0722	0,224	0,213	0,168	0,132
240	0,125	0,160	0,162	0,0691	0,177	0,171	0,141	0,115
300	0,100	0,128	0,131	0,0691	0,148	0,146	0,125	0,105
Câbles unipolaires aluminium								
50	0,641	0,822	0,822	0,0880	0,827	0,710	0,487	0,330
70	0,443	0,568	0,568	0,0848	0,574	0,505	0,357	0,251
95	0,320	0,410	0,411	0,0848	0,420	0,380	0,279	0,204
120	0,253	0,324	0,325	0,0816	0,335	0,309	0,233	0,175
150	0,206	0,264	0,265	0,0816	0,277	0,261	0,203	0,157
185	0,164	0,210	0,212	0,0816	0,227	0,218	0,176	0,141
240	0,125	0,160	0,162	0,0785	0,180	0,177	0,149	0,124
300	0,1000	0,1282	0,1304	0,0785	0,1522	0,1515	0,1332	0,1140
400	0,0778	0,0997	0,1027	0,0785	0,1293	0,1293	0,1193	0,1057

Câbles rigides Cuivre et Aluminium 1 KV armés

Section mm²	RESISTANCE (Ω/km) Courant continu Rc 20°C	Rc 90°C	Courant altern Ra 90°C	REACTANCE (Ω /km) à 50 Hz - Lω	IMPEDANCE (Ω/km) à 50 Hz et 90°C pour cos φ 1	0.8	0.5	0.3
Câbles multipolaires cuivre								
1,5	12,10	15,43	15,43	0,122	15,43	12,42	7,82	4,74
2.,5	7,41	9,45	9,45	0,116	9,45	7,63	4,82	2,95
4	4,61	5,88	5,88	0,110	5,88	4,77	3,03	1,87
6	3,08	3.93	3,93	0,100	3,93	3,20	2,05	1,27
10	1,83	2,33	2,33	0,094	2,34	1,92	1,25	0,790
16	1,15	1,47	1,47	0,0911	1,47	1,23	0,81	0,53
25	0,727	0,927	0,927	0,0911	0,931	0,796	0,542	0,365
35	0,524	0,668	0,668	0,0911	0,674	0,589	0,413	0,287
50	0,387	0,493	0,494	0,0879	0,502	0,448	0,323	0,232
70	0,268	0,342	0,343	0,0879	0,354	0,327	0,247	0,187
95	0,193	0,246	0,247	0,0879	0,262	0,250	0,200	0,158
120	0,153	0,195	0,197	0,0879	0,216	0,210	0,175	0,143
150	0,124	0,158	0,16	0,0879	0,183	0,181	0,156	0,132
185	0,0991	0,1264	0,1291	0,0879	0,1562	0,1560	0,1407	0,1226
240	0,0754	0,0961	0,0997	0,0879	0,1330	0,1326	0,1260	0,1138
300	0,0601	0,0766	0,0812	0,0848	0,1174	0,1158	0,1140	0,1053
Câbles multipolaires aluminium								
35	0,868	1,113	1,113	0,0911	1,117	0,945	0,635	0,421
50	0,641	0,822	0,822	0,0879	0,827	0,710	0,487	0,330
70	0,443	0,568	0,569	0,0879	0,576	0,508	0,361	0,255
95	0,320	0,410	0,411	0,0879	0,421	0,382	0,282	0,207
120	0,253	0,324	0,325	0,0879	0,337	0,313	0,239	0,181
150	0,206	0,264	0,265	0,0879	0,279	0,265	0,209	0,163
185	0,164	0,210	0,212	0,0879	0,229	0,222	0,182	0,147
240	0,125	0,160	0,162	0,0879	0,185	0,183	0,157	0,133
300	0,100	0,128	0,131	0,0848	0,156	0,156	0,139	0,120

Câbles souples 450/750 volts

Section mm²	RESISTANCE (Ω /km) Courant continu Rc 20°C	Rc 90°C	Courant altern Ra 90°C	REACTANCE (Ω /km) à 50 Hz - Lω	IMPEDANCE (Ω/km) à 50 Hz et 90°C pour cosφ 1	0.8	0.5	0.3
Câbles multipolaires cuivre								
1	19,5	24,9	24,9	0,110	24,9	20	12,5	7,6
1,5	13,3	17,0	17,0	0,104	17,0	13,6	8,6	5,2
2,5	7,98	10,18	10,18	0,100	10,18	8,2	5,17	3,15
4	4,95	6,31	6,31	0,094	6,31	5,11	3,24	1,98
6	3,30	4,21	4,21	0,091	4,21	3,42	2,18	1,35
10	1,91	2,44	2,44	0,0879	2,44	2,00	1,29	0,81
16	1,21	1,54	1,54	0,0816	1,55	1,28	0,84	0,54
25	0,780	0,995	0,995	0,0816	0,998	0,845	0,568	0,376
35	0,554	0,706	0,706	0,0785	0,711	0,612	0,421	0,287
50	0,386	0,492	0,493	0,0785	0,499	0,442	0,315	0,223
70	0,272	0,347	0,347	0,0785	0,356	0,325	0,242	0,179
95	0,206	0,263	0,264	0,0785	0,275	0,258	0,200	0,154
Câbles unipolaires cuivre								
50	0,386	0,492	0,492	0,0973	0,502	0,452	0,330	0,240
70	0,272	0,347	0,348	0,0973	0,361	0,337	0,258	0,197
95	0,206	0,263	0,264	0,0973	0,281	0,269	0,216	0,172
120	0,161	0,205	0,206	0,0942	0,227	0,222	0,185	0,152
150	0,129	0,164	0,166	0,0911	0,189	0,187	0,162	0,137
185	0,106	0,135	0,137	0,0911	0,165	0,164	0,147	0,128
240	0,0801	0,1021	0,1044	0,0911	0,1385	0,1382	0,1311	0,1182
300	0,0641	0,0817	0,0846	0,0879	0,122	0,1204	0,1184	0,1092

Choix d'un câble électrique

Avant de choisir un câble électrique, il faut connaître les différents éléments suivants :

- tension du réseau
- puissance à transporter
- chute de tension admissible
- conditions de pose
- conditions de protection électrique de la liaison

Choix de la tension du câble

En basse tension, la tension nominale du câble devra être au moins égale à la tension d'utilisation.

Elle est désignée sous la forme U_0/U, dans laquelle U_0 est la valeur efficace entre l'âme d'un conducteur isolé et le potentiel de référence.

Dans un réseau triphasé, U_0 est la tension efficace entre la phase et le neutre, et U la tension efficace entre phases.

Dans ce cas, U et U_0 sont reliées par la relation : $U = U_0.\sqrt{3}$

Les tensions normalisées sont les suivantes :

Câbles "domestiques" :

300/300 V correspondant aux câbles de référence 03.

300/500 V correspondant aux câbles de référence 05.

Câbles "industriels" :

450/750 V correspondant aux câbles de référence 07

0,6/1 kV correspondant aux câbles de référence 1.

Choix en fonction de la puissance à transporter

La puissance à transporter dans une canalisation permet de calculer l'intensité par phase, et de déterminer la section minimale du câble à utiliser de façon à ne pas dépasser la température limite maximale admissible du matériau constituant l'isolant.

Calcul de l'intensité nécessaire - In

Pour calculer l'intensité à transporter, il faut connaître :

la puissance absorbée par le récepteur P

Si on désigne par le rendement du récepteur, la relation qui lie la puissance absorbée P et la puissance fournie P1 au récepteur est :

$$P = \frac{P1}{\rho}$$

P = puissance absorbée
P1 = puissance fournie
ρ = rendement
ρ = 0,8 si P < 20 CV
ρ = 0,85 si 20 CV < P < 80 CV
ρ = 0,90 si P > 80 CV

La puissance peut être exprimée en
-Chevaux (CV) (1CV = 736 Watts)
- ou en watts : (W)
- ou en volt-ampères (VA). Il s'agit alors d'une puissance apparente qui tient compte du rendement et du facteur de puissance cosφ :

$P1 = Pa \times \cos\varphi$

puissance fournie en W — puissance apparente en VA

la tension efficace (U) du réseau en volts (V).

Elle est définie :

- soit par la tension entre 2 conducteurs d'alimentation pour un circuit en courant continu, ou en courant alternatif monophasé.
- soit par la tension entre deux conducteurs de phase pour un circuit en courant alternatif triphasé.

le facteur de puissance de l'installation : cosφ

Celui-ci est en général égal à :
cosφ = 1 pour les lampes à incandescence et les résistances chauffantes
cosφ = 0,8 à 0,9 pour les moteurs
cosφ = 0,3 à 0,6 pour les lampes fluorescentes.

Note : si le cosφ n'est pas spécifié, on prendra 0,8.

Les formules permettant de calculer In sont alors:

Courant	Formule
Continu :	$I_n = \frac{P}{U}$
Monophasé :	$I_n = \frac{P}{U \times \cos\varphi}$
Alternatif diphasé (distribution 3 fils) :	$I_n = \frac{P}{U \times \sqrt{2} \times \cos\varphi}$
Alternatif triphasé	$I_n = \frac{P}{U \times \sqrt{3} \times \cos\varphi}$

I_n est exprimé en Ampères
P est exprimé en Watts (puissance absorbée)
U est exprimé en Volts (tension efficace du réseau).

Facteurs de correction

La valeur de l'intensité ainsi calculée I_n, est celle qui doit transiter dans le câble.
Cette valeur doit être comparée à la valeur de l'intensité maximale admissible dans le câble qui dépend des paramètres suivants:
- température ambiante .
- température maximale admissible sur l'âme conductrice (valeur dépendant de la nature des matériaux utilisés pour l'isolation du câble).
- conditions de pose.

Les valeurs d'intensités admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques de chaque câble, correspondent à des conditions de température et de pose bien définies.
Aussi, il est nécessaire de les corriger par des coefficients pour tenir compte des conditions réelles d'utilisation..

facteur de correction de température ambiante

Les valeurs de I admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques sont calculées pour une température ambiante de:
20°C pour les câbles enterrés
30°C pour les câbles à l'air libre.

Lorsque la température ambiante est différente de ces valeurs, les valeurs de I admissibles sont à multiplier par un facteur de correction de température K_1 égal à:

$$K_1 = \sqrt{\frac{\theta - T}{\theta - t}}$$

dans laquelle :
T = température ambiante réelle en °C
t = température ambiante de référence en °C
(20°C pour les câbles enterrés, 30°C pour les câbles à l'air libre)
θ= température maximale admissible de l'âme conductrice, dépendant de la nature des matériaux d'isolation.
Cette valeur est précisée dans la norme particulière de chaque câble..
Câble BT isolé PVC θ = 70 °C
Câble BT isolé P.R. θ = 90 °C

facteur de correction de pose

Afin de tenir compte des conditions de pose spécifiques (proximité d'autres câbles, câbles sur tablette, sols de natures différentes, etc...), il est nécessaire de multiplier les I admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques de chaque câble par un facteur de correction de pose K2.
Les différentes valeurs de K_2 sont indiquées pour les cas suivants :

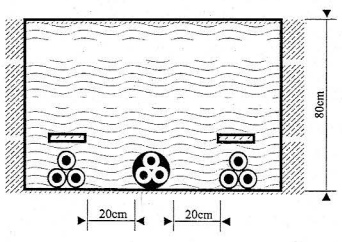
d : diamètre d'un câble multipolaire ou de 2 câbles monopolaires

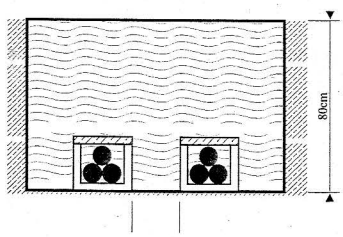
terne : ensemble de 3 câbles monopolaires pour liaison triphasée.

câbles enterrés ou en caniveaux sablés enterrés

Si les canalisations sont suffisamment proches pour qu'un échauffement mutuel se produise, appliquer les coefficients multiplicateurs ci-après :
- Câbles enterrés

		Nombre de canalisations							
		2	3	4	5	6	7	8	>9
K_2	L=0,20	0,85	0,78	0,72	0,66	0,62	0,59	0,56	0,55
	Jointif	0,8	0,7	0,64	0,59	0,56	0,53	0,5	0,5



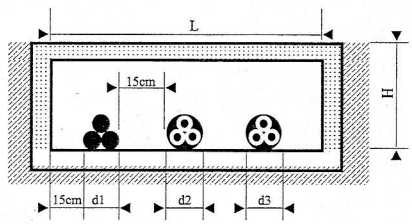


Câbles posés en caniveaux d'usine non sablés

Les intensités admissibles de référence sont celles des câbles posés à l'air libre.

- câbles posés espacés

Si deux ou trois câbles multipolaires ou ternes sont posés en caniveaux avec un intervalle de 15 cm, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 de :
K_2 : 0,9 si r = 0,05
K_2 : 0,75 si r = 0,10
K_2 : 0,60 si r = 0,15



avec :

pour 2 câbles $r = \frac{d1 + d2}{2 (L + H)}$.

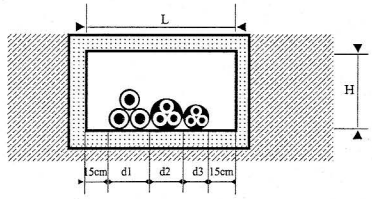
pour 3 câbles $r = \frac{d1 + d2 + d3}{2 (L + H)}$

- câbles posés jointifs

Si les câbles sont jointifs, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 de :

$K_2 = 0,81$ *si* $r = 0,05$
$K_2 = 0,68$ *si* $r = 0,10$
$K_2 = 0,54$ *si* $r = 0,15$
} *pour 2 câbles*

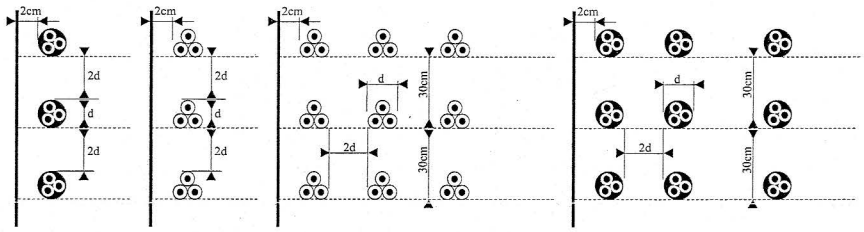
$K_2 = 0,70$ *si* $r = 0,05$
$K_2 = 0,62$ *si* $r = 0,10$
$K_2 = 0,48$ *si* $r = 0,15$
} *pour 3 câbles*



Câbles posés à l'air libre à l'abri du soleil

Câbles posés espacés sur supports ajourés.

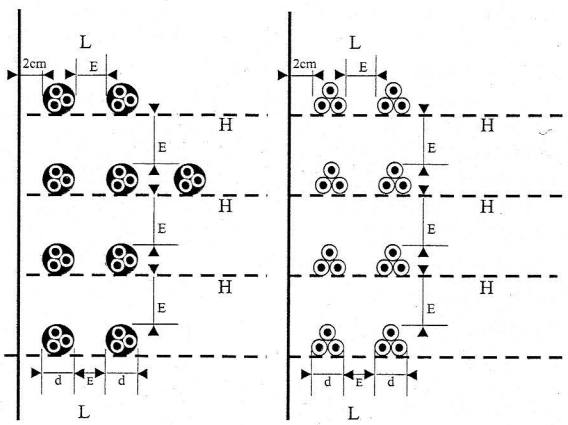
Les intensités admissibles sont données pour des câbles tripolaires ou ternes posés sur supports ajourés ou en galeries aérées, de façon que l'effet de proximité ne se fasse pas sentir.



Si plusieurs câbles sont posés espacés sur supports ajourés, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 suivant

Câbles sur tablettes

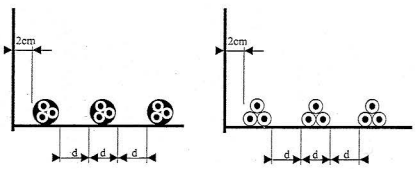
Distance mm	Nombre de Tablette	Nombre de Canalisations partablette					
L et H		1	2	3	4	5	6
>2d	Ne pas tenir compte d'effet de proximité						
	1	1	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
1/4d	2	0,92	0,87	0,84	0,81	080	0,79
à	3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
2d	4	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
	5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
	6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68
⩽1/4d	1	1	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57



Câbles posés espacés sur le sol

Si les câbles sont posés sur le sol avec un intervalle égal au diamètre d'un câble, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 suivant tableau ci-dessous.

Nombre de câbles ou ternes	K2
1	0,95
2	0,90
3	0,88
6	0,85
9	0,84

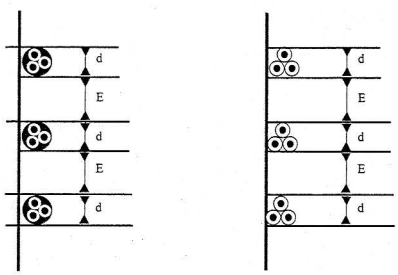


Câbles posés non jointifs sur parois verticales

Si les câbles sont posés non jointifs sur parois verticales, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K_2 indiqué ci-dessous.

$K_2 = 1$ si $E \geqslant 2d$

$K_2 = 0,9$ si $d < E < 2d$



Résistivité thermique du sol

Pour les câbles enterrés, les intensités admissibles indiquées dans les tableaux de caractéristiques sont valables pour un terrain dont la résistivité thermique du solest égale à 100°K cm/W.
Pour les terrains dont la résistivité thermique, du sol est différente, on appliquera aux intensités de référence, un coefficient K_3 suivant tableau ci-dessous.

Résistivité thermique duterrain (°C cm/W)	Facteur de correction K3	Observations			
		Humidité	Nature du terrain		
40	1,25	Pose immergée	Marécages Sable		
50	1,21	terrain très humide			
70	1,13	Terrain humide		Argile et Calcaire	
85	1,05	terrain dit normal			
100	1	terrain sec			
120	0,94	terrain très sec			Cendres et mâchefer
150	0,86				
200	0,76				
250	0,70				
300	0,65				

Choix de la section en fonction de la chute de tension

La chute de tension en ligne du câble retenu devra être inférieure à la chute de tension maximale tolérée :
Celle-ci est en général de : 3% pour les canalisations d'éclairage, 5% pour les canalisations de force motrice, 10% lors du démarrage des moteurs.

Les formules à utiliser pour le calcul de la chute de tension sont :

Courant	Formule
Courant continu	$\Delta u = 2 . l . I Rc$
Courant alternatif monophasé	$\Delta u = 2lI\ (Ra\cos\varphi + L\omega \sin.\varphi)$ $\Delta u = 2lI.Z$
Courant alternatif triphasé	$\Delta u = 1I\sqrt{3}\ (Ra\cos\varphi + L\omega \sin(\varphi)$ $\Delta u = lI\sqrt{3} . Z$

Avec :

- ΔU : chute de tension (en volts)
- I : Intensité transportée en fonctionnement normal ou intensité de démarrage dans le conducteur (en Ampères).
- l : longueur de la liaison (en km)
- Rc : résistance du conducteur en courant continu, à la température de fonctionnement (en Ω /km)
- Ra : résistance du conducteur en courant alternatif, à la température de fonctionnement (en Ω /km)
- L : self-induction apparente du conducteur (en H/Km)
- ω : pulsation du courant ($\omega = 2\pi f$, f étant la fréquence en Hz)
- cos φ : facteur de puissance du récepteur
- Z : impédance du câble (en Ω /km)

Calcul de la résistance en courant continu Rc

La résistance du conducteur dépend de la nature du matériel conducteur, de la section, de la longueur et de la température.
Les tableaux des pages précédentes donnent pour chaque section de conducteur, et en fonction de la nature du métal, la résistance électrique R_c à la température de 20°C en Ω / km.
Pour une température différente, on doit appliquer un coefficient correcteur, calculé comme suit :

$$\underset{\text{à } \theta \text{ °C}}{Rc} = \underset{\text{à 20 °C}}{Rc} \left[1 + \alpha\,(\theta - 20)\right]$$

avec :
α = 0,00393 pour le cuivre
α = 0,00403 pour l'aluminium
Rc = Rc x K
à θ °C à 20 °C

VALEUR DE K = $1 + \alpha(\theta - 20)$

Température du conducteur en °C	Coefficient K	
	Cuivre	Alu
20	1	1
25	1,0196	1,0201
30	1,0393	1,0403
35	1,0589	1,0604
40	1,0786	1,0806
45	1,0982	1,1007
50	1,1179	1,1209
55	1,1375	1,1410
60	1,1572	1,1612
65	1,1768	1,1813
70	1,1965	1,2015
75	1,2161	1,2216
80	1,2358	1,2418
85	1,2554	1,2619
90	1,2751	1,2821
95	1,2947	1,3022
100	1,3144	1,3224

Résistance en courant alternatif Ra

La résistance du conducteur en courant alternatif diffère légèrement de celle en courant continu.

Elle se calcule à l'aide des formules suivantes (publication CEI 287) :

$Ra = Rc\,(1 + ys + yp)$

Ra = résistance en courant alternatif à la température de service (en Ω /km).
Rc = résistance en courant continu à la température de service (en Ω /km).
ys = facteur d'effet de peau.
yp = facteur d'effet de proximité.
Ces 2 derniers facteurs sont donnés par les formules suivantes :

$$ys = \frac{x^4 s}{192 + 0{,}8\,x^4 s}$$

avec

$$x^2 s = \frac{8\pi f}{Rc}\,10^{-9} x\,Ks$$

avec :
f = fréquence du courant en Hertz.
Ks = coefficient égal à 1 pour les conducteurs ronds, rétreints ou sectoraux.
Rc = résistance en courant continu en Ω /cm.

$$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0.8 x_p^4}\left(\frac{dc}{s}\right)^2 \left[0.312\left(\frac{dc}{s}\right)^2 + \frac{1.18}{\frac{x_p^4}{192 + 0.8 x_p^4} + 0.27}\right]$$

avec Rc
dc = diamètre de l'âme métallique en cm.
S distance entre axes des conducteurs en cm.
kp = 1 pour les conducteurs ronds câblés, rétreints ou sectoraux *.

N. B. : pour les câbles à conducteurs sectoraux * la valeur de yp doit être multipliée par 2/3.

* dc = dx = diamètre d'un conducteur circulaire câblé de même section (en cm).
* s = (d + t) (en cm).
* t = épaisseur de l'isolant entre conducteurs (en cm).

Calcul de la self-induction apparente et de l'impédance des câbles

La self-induction apparente peut être calculée par les formules suivantes :

$$L = 0{,}05 + 0{,}46 \log \frac{d}{r}$$ pour les câbles non armés

$$L = 0{,}1 + 0{,}46 \log \frac{d}{r}$$ pour les câbles armés

avec :
L = en mH/km
d = distance entre les centres des conducteurs en mm.
r = rayon d'un conducteur (en mm).
log = logarithme décimal.

On peut calculer aussi la réactance du câble, qui est égal à l'expression.

$$\text{Réactance} = L\omega$$

L = en H/km
$\omega = 2\pi f$ (f : fréquence du courant en Hz)
Réactance = en Ω/km.

Impédance d'un câble

L'impédance du câble peut se calculer à l'aide des formules suivantes :

en première approximation :

$$Z = \sqrt{Ra^2 + L^2\omega^2}$$

En deuxième approximation :
$Z = R_a \cos\varphi + L\,\omega \sin\varphi$

Le tableau ci-après donne des valeurs de self-induction pour les principaux types de câbles B.T. industriels, 1 kV.

Self-induction des câbles BT industriels

Section	Câble rigide Tripolaire non armé	Câble rigide mono-polaire	Câble rigide Tripolaire armé	Câble souple Tripolaire	Câble souple mono-polaire
mm²	mH/Km	mH/Km	mH/Km	mH/Km	mH/Km
1	-	-	-	0,35	-
1,5	0,34	-	0,39	0,33	-
2,5	0,32	-	0,37	0,32	-
4	0,30	-	0,35	0,30	-
6	0,28	-	0,32	0,29	-
10	0,25	-	0,30	0,28	-
16	0,24	-	0,29	0,26	-
25	0,24	-	0,29	0,26	-
35	0,24	-	0,29	0,25	-
50	0,24	0,28	0,28	0,25	0,31
70	0,23	0,27	0,28	0,25	0,31
95	0,23	0,27	0,28	0,25	0,31
120	0,23	0,26	0,28	0,24	0,30
150	0,23	0,26	0,28	0,24	0,29
185	0,23	0,26	0,28	0,24	0,29
240	0,23	0,25	0,28	0,24	0,29
300	0,22	0,25	0,28	0,23	0,28
400	-	0,25	-	-	027
500	-	-	-	-	0,26

Dans la pratique, pour résoudre la plupart des problèmes courants concernant les canalisations BT, on pourra prendre les valeurs d'impédance apparentes indiquées dans le tableau suivant, et qui ont été calculées pour une température moyenne de 65°C au niveau de l'âme conductrice.

Impédance des câbles

(pour $\theta = 65°C$) (en Ω/km)

section mm²	Câbles à âme cuivre		câbles à âme aluminuim	
	Impédance Ω /Km		Impédance Ω /Km	
	cosφ=0,5	cosφ=0,8	cos φ=0,5	cos φ=0,8
Câbles basse tension non armés				
1,5	7,2	11,5	-	-
2,5	4,4	6,9	-	-
4	2,8	4,4	-	-
6	1,9	2,9	-	-
10	1,14	1,7	-	-
16	0,75	1,13	1,20	1,86
25	0,50	0,73	0,79	1,18
35	0,39	0,54	0,59	0,86
50	0,30	0,40	0,45	0,65
70	0,235	0,30	0,34	0,46
95	0,190	0,23	0,26	0,35
120	0,165	0,19	0,22	0,28
150	0,150	0,17	0,19	0,24
185	0,130	0,14	0,17	0,20
240	0,115	0,12	0,14	0,17
300	0,105	0,11	0,13	0,14
Câbles basse tension armés				
1,5	7,2	11,5	-	-
2,5	4,4	6,9	-	-
4	2,78	4,4	-	-
6	1,90	2,96	-	-
10	1,16	1,78	-	-
16	0,765	1,15	1,21	1,87
25	0,512	0,743	0,793	1,19
35	0,390	0,551	0,596	0,88
50	0,309	0,421	0,460	0,662
70	0,239	0,309	0,342	0,475
95	0,192	0,237	0,268	0,358
120	0,169	0,200	0,228	0,295
150	0,152	0,172	0,200	0,250
185	0,138	0,150	0,176	0,211
240	0,129	0,128	0,153	0,174
300	0,115	0,114	-	-

Choix de la section en fonction des intensités de défaut

Dans le choix de la section d'un câble BT, il est indispensable de s'assurer que les protections placées en avant protègent efficacement le câble contre les échauffements dus aux surintensités de défaut.

Les valeurs de densité de courant admissible, en ampères par millimètre carré de section de chacun des conducteurs, en fonction de la durée de la surcharge, sont calculées de façon que la température de l'âme ne dépasse une température limite qui dépend de la nature du matériau d'isolation, à savoir :

150°C pour le polyéthylène
160°C pour le PVC
250°C pour le PR.

Les densités de courant admissibles se calculent à partir de la formule :

$$\delta = \frac{K}{\sqrt{t}} = \frac{Icc}{S}$$

avec :
δ = densité de courant admissible (en A/mm²)
t = durée de la surcharge (en s.)
K = coefficient dépendant de la nature du métal et de la température initiale au moment de la surcharge et de la température admissible en fin de surcharge.
Icc = intensité de court-circuit (en A)
S = section du conducteur (en mm²).
Le tableau ci-après donne les valeurs de pour différentes températures et différentes durées de surcharge.

Tableau des intensités de défaut

Densité de courant admissibles en court-circuit en A/mm²								
Isolation	Température °C		Cuivre			Aluminium		
			t =			t =		
	Initiale	Finale	0,5 s	1 s	2 s	0,5 s	1 s	2 s
Polyéthylène	20	150	199	141	99	131	93	66
	30	150	189	134	95	125	88	63
	70	150	150	150	106	75	99	49
Polychlorure de vinyle	20	160	205	145	102	135	96	68
	30	160	195	138	98	127	90	64
	70	160	158	111	79	104	73	52
Caoutchouc éthylène-propylène et polyéthylène réticulé	20	250	249	176	124	164	116	82
	30	250	241	170	120	159	112	79
	90	250	196	139	98	129	91	65

La valeur de K est égale à celle de pour t = 1 seconde.

Exemple : quelle est l'intensité maximale admissible en régime de cout-circuit d'une durée de 1 seconde, sur un câble RO2V 3x16 mm² cuivre, fonctionnant à sa température maximale de service ?
Le câble RO2V comporte une isolation en polyéthylène réticulé. La température maximale du conducteur en service permanent est de 90°C. La température maximale en fin de court-circuit ne doit pas excéder 250°C. Le tableau précédent nous indique donc, pour une durée de court-circuit de 1 seconde :

$$\delta = \frac{Icc}{S} = 139$$

d'où : Icc = 139 x 16 = 2224 A

Si la durée du court-circuit était limitée à 0,5 secondes, nous aurions :

$$\delta = \frac{Icc}{S} - 196$$

Icc = 196 x 16 = 3136 A

Exemples de calcul

EXEMPLE 1:

Soit à alimenter dans un atelier un moteur de 35 CV en 380 volts triphasé, à partir d'une source distante de 30 mètres, le câble d'alimentation sera donc posé seul à l'air libre, et la température ambiante ne dépassera pas 30°C.

L'intensité au démarrage est de 3 I_n, le rendement du moteur est de 0,85 ; et le cos φ de 0,8 en marche normale, et de 0,3 en période de démarrage.

Choix du type de câble

Le moteur étant à poste fixe et l'installation du câble ne présentant pas de difficultés particulières, nous choisissons un câble industriel, du type rigide, de la série RO2V.

Intensité transportée

Nous calculons I_n.

Le moteur fournit une puissance P_1 de 35CV. Donc nous avons :

$$I_n = \frac{P_1}{U\sqrt{3}\cos\varphi\rho} = \frac{35 \times 736}{380 \times \sqrt{3} \times 0{,}8 \times 0{,}85} = 58A$$

$$I_n = 58\ A$$

Nous cherchons dans le tableau des caractéristiques des câbles RO2V, le câble capable de transiter cette intensité.

Nous trouvons que le câble 3x10 mm² cuivre peut transiter 71A lorsqu'il est posé seul, à l'air libre à la température de 30°C.

Chute de tension.

Nous calculons la chute de tension en ligne ΔU.

$\Delta U = 1 \times l \times \sqrt{3}\,(R a \cos\varphi + L\omega \sin\varphi)$

- En régime normal, nous avons pour le câble 3x10²=

$\Delta U_1 = 58 \times 0{,}030 \times (2{,}33 \times 0{,}8 + 0{,}0785 \times 0{,}6)$

Soit $\Delta U_1 = 5{,}76$ volts

N.B.: Nous aurions pu aussi utiliser la formule :

$\Delta U_1 = I \times l \times \sqrt{3} \times Z$

Z étant l'impédance pour cos φ = 0,8

Soit $\Delta U_1 = 58 \times 0{,}030 \times \sqrt{3} \times 1{,}91$

$= 5{,}76$ volts.

- En période de démarrage, nous avons pour le câble 3 x 10 mm² = cos φ = 0,3 et $I = 3\,I_n$ donc Z = 0,77

$\Delta U_2 = 3 \times 58 \times 0.030 \times \sqrt{3} \times 0{,}77$

soit : $U_2 = 6{,}96$ volts

Les chutes de tension maximales tolérées sont de 5% en fonctionnement normal (soit 5% de 380 volts = 19 volts) et de 10% en période de démarrage (soit 38volts).

U1 et U2 étant inférieurs à ces valeurs limites, le câble choisi (3x10 mm² cuivre) convient au niveau des chutes de tension

EXEMPLE 2 :

Reprenons les mêmes données que celles de l'exemple1, mais la température ambiante peut atteindre 60°C, la longueur du câble étant de 150 mètres, et l'intensité de court-circuit pouvant atteindre 2000A pendant 0,5s.

Choix du type de câble

Pour les mêmes raisons que précédemment, nous choisissons un câble industriel, de type rigide, de la série RO2V.

Intensité transportée

Le calcul de In est le même que précédemment :

$$I_n = \frac{P_1}{U\sqrt{3}\cos\varphi\rho} = \frac{35 \times 736}{380 \times \sqrt{3} \times 0{,}8 \times 0{,}85} = 58A$$

Les intensités indiquées dans les tableaux de caractéristiques des câbles RO2V sont valables pour une température ambiante de 30°C (câble à l'air libre). Il faut donc effectuer une correction de température =

$$K = \sqrt{\frac{\theta - T}{\theta - t}} \quad \text{avec} \quad \theta = 90°C,\ T = 60°C,\ t = 30°C$$

$$\text{Soit : } K_1 = \sqrt{\frac{30}{60}} = 0{,}71$$

Le câble RO2V 3x10 mm² peut transiter : 71A x 0,71 = 50A (valeur insuffisante).

Le câble RO2V de section supérieure 3x16² peut transiter:

96A x 0,71 = 68A ce qui est acceptable.

Chute de tension

Pour le câble RO2V 3X16 mm² Cu, nous avons en régime normal :

$U1 = I_n \times \ell \times \sqrt{3} \times Z$ ($\cos\varphi = 0{,}8$)

($Z = 1{,}22$)

$U1 = 58 \times 0{,}150 \times \sqrt{3} \times 1{,}22$

$U1 = 18{,}4$ volts

En régime de démarrage :

$U2 = 3I_n \times \ell \times \sqrt{3} \times Z$ ($\cos\varphi = 0{,}3$)

($Z = 0{,}51$)

$U2 = 3 \times 58 \times 1{,}150 \times \sqrt{3} \times 0{,}51$

$U2 = 23{,}1$ volts

Ces valeurs étant inférieures aux valeurs maximales tolérées, le câble 3x16² RO2V convient au niveau des chutes de tension.

Intensité de court-circuit

La densité de courant admissible pour les câbles RO2V (isolation en polyéthylène réticulé, température maximale admissible 90°C) est :

$$\delta = \frac{K}{\sqrt{t}} = \frac{139}{\sqrt{0{,}5}} = 196\ A/mm^2$$

L'intensité de court-circuit étant de 2000 A, la section minimale à choisir sera de : $\frac{2000}{196} = 10{,}2$ mm²

Le câble 3x16 mm² convient donc.

EXEMPLE 3

Reprenons les mêmes données que dans l'exemple2, mais le câble est posé sur tablette, avec 6 autres câbles, en pose jointive. Nous avons vu que le câble 3x16 mm² RO2V peut, à la température de 30°C, transiter 68A lorsqu'il est posé seul. Dans ce cas-ci, étant posé sur tablette avec 6 autres câbles jointifs, nous devons appliquer un coefficient de réduction

$K_2 = 0{,}72$.

D'où

I adm. Du 3x16² = 68 x 0,72 = 49 A ce qui est insuffisant, car I_n = 58 A

Nous prenons donc une section supérieure, le 3x25 mm², pour lequel nous avons :

I adm = 127 x 0,71 x 0,72 = 65 A.

Valeur supérieure à 58A.

Le câble 3x25 mm² convient donc.

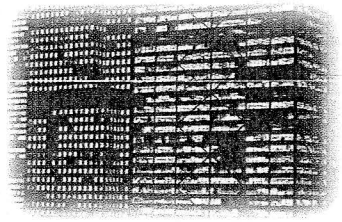
USAGE DOMESTIQUE

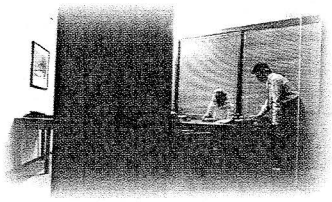
Domestique rigide

H05VU 8
H07VU 8
H07VR 8
FR-N05VV-U 10
FR-N05VV-R 11

Domestique souple

H05VK 12
H07VK 12
H05VV-F 14
H03VH-H 16





NF-USE

MONOCONDUCTEURS RIGIDES CUIVRE ISOLE PVC NF C32-201, HD 21.3, NT 88.05

H05V-U / H07V-U / H07V-R

UTILISATION
Ils sont utilisés dans des circuits à l'intérieur des locaux domestiques, filerie et câblage de tableaux, montage fixe protégé dans ou sur des luminaires, et à l'intérieur d'appareils. Ils sont Admis pour tension jusqu'à 1000V en courant alternatif et jusqu'à 750 V par rapport à la terre en courant continu pour la série H07V-U et H07V-R.

MODE DE POSE
Les conducteurs des séries H07V-U, H07VR peuvent être posés
- sous conduits,
- sous moulures ou plinthes,
- sur isolateurs.

Ils ne doivent être ni enterrés ni noyés dans le béton.

TENSION NOMINALE
Pour la série H05V-U :
300/500 Volts.
Pour la série H07V-U & H07V-R :
450/750 V

SPÉCIFICATION DES AMES
- Cuivre : Section ⩽ 6 mm² :
  Classe 1 (H05V-U et H07V-U) ou
  Classe 2 (H07V-R)

  Section > 6 mm² :
  Classe 2 (H07V-R)

TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'AME
- En permanence : 70 °C
- En court-Circuit : 160 °C

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS
Par coloration.

AUTRES APPELLATIONS
U500V, U500DV, TH etc...

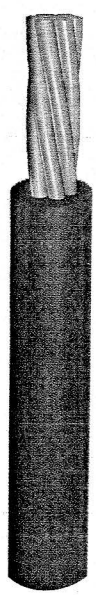
DESCRIPTION

AME
Cuivre
ISOLATION
PVC

CORE
Copper
INSULATION
PVC

H07V-U

H07V-R



H05V-U / H07V-U / H07V-R

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Section mm²	Diamètre Ext. approx. mm	Masse approx. Kg/Km	Résistance Linéique Maximale de l'âme en courant continu à 20°C Ω/Km	Intensité(1) en régime permanent (2 cond. Chargés) Ampères	Chute Tension entre phases cosφ=0,8 (2cond.Chargés) V/A/Km
H05V-U					
0,5	2,0	8,3	36	8,7	-
0,75	2,2	11,1	24,5	11,2	-
1	2,3	13,6	18,1	13,5	-
H07V-U					
1,5	2,8	20	12,1	17,5	23
2,5	3,4	32	7,41	24	14,2
4	3,9	47	4,61	32	8,9
6	4,4	66	3,08	41	6,04
H07V-R					
1,5	3,1	22	12,1	17,5	23
2,5	3,7	34	7,41	24	14,2
4	4,3	50	4,61	32	8,9
6	4,7	70	3,08	41	6,04
10	6,1	116	1,83	57	3,68
16	7,1	176	1,15	76	2,40
25	8,8	275	0,727	96	1,59
35	9,9	375	0,524	119	1,21
50	11,5	518	0,387	144	0,95
70	12,8	707	0,268	184	0,72
95	14,6	957	0,193	223	0,58
120	16,2	1193	0,153	259	0,50
150	17,9	1488	0,124	299	0,45
185	20,2	1838	0,0991	341	0,40
240	22,7	2372	0,0754	403	0,36
300	25,5	2962	0,0601	464	0,33
400	28,6	3917	0,0470	556	0,30

(1) Intensités maximales valables pour : conducteurs posés dans un seul conduit en montage apparent, ou encastré dans une paroi; ou vide de construction; ou goulotte, ou moulure; ou sous plinthe à la température ambiante de l'air 30 °C.

NF-USE

CÂBLES RIGIDES CUIVRE 500V ISOLES PVC/PVC NF C32-207, HD 21.4, NT 88.06

FR-N05VV-U/FR-N05VV-R

UTILISATION

Ils sont utilisés dans les installations domestiques courantes à l'intérieur des bâtiments.

Les câbles à 2 ou 3 conducteurs sont utilisés dans un circuit monophasé et les câbles à 4 ou 5 conducteurs sont utilisés dans un circuit triphasé.

MODE DE POSE

Les câbles des séries FR-N05VV-U et FR-N05VV-R peuvent être posés :

- sous conduits, sous moulures ou plinthes
- sur chemin des câbles, tablettes,
- dans des goulottes et gouttières,
- en pose apparente (avec colle, agrafes, etc...).

Ils ne doivent être ni enterrés, ni noyés dans le béton.

TENSION NOMINALE

300/500 Volts

SPÉCIFICATION DES AMES

- Cuivre : Section ⩽ 6 mm² :
  Classe 1 (FR-N05VV-U)

  Section > 6 mm² :
  Classe 2 (FR-N05VV-R)

TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'AME

- En permanence : 70 °C
- En court-circuit : 160 °C

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS

Par coloration.

Nombre de conducteurs	Disposition A	Disposition B
2		Noir, Bleu
3	Vert/Jaune, Noir, Bleu.	Noir, Bleu Marron
4	Vert/Jaune, Noir, Bleu, Marron	Noir, Bleu Marron, Noir
5	Vert/Jaune, Noir, Bleu, Marron, Noir	Noir, Bleu Marron, Noir, Noir

La désignation du câble indique la disposition avec Vert/Jaune par lalettre 'G'.

AUTRES APPELLATIONS

VGV.

DESCRIPTION

AME

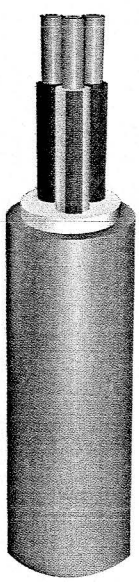
Cuivre

ISOLATION & BOURRAGE

PVC

GAINE EXTERIEURE

PVC couleur Grise



CORE

Copper

INSULATION & FILLER

PVC

SHEATH

PVC color Grey

FR-N05VV-U/FR-N05VV-R

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Section mm²	Diamètre Ext. approx. mm	Masse approx. Kg/Km	Résistance Linéique Maximale de l'âme en courant continu à 20°C Ω/Km	Intensité(1) en régime permanent Ampères	Chute Tension entre phases cosφ=0,8 V/A/Km
FR-N05VV-U					
2x1,5	9,0	119	12,10	22,0	23,10
2x2,5	10,0	161	7,41	30,0	14,20
2x4	11,0	209	4,61	40,0	8,95
2x6	12,0	268	3,08	51,0	6,06
3x1,5	9,0	137	12,10	22,0	23,10
3x2,5	11,0	192	7,41	30,0	14,20
3x4	12,0	253	4,61	40,0	8,95
3x6	13,0	342	3,08	51,0	6,06
4x1,5	10,0	162	12,10	18,5	20,00
4x2,5	11,0	231	7,41	25,0	12,30
4x4	13,0	318	4,61	34,0	7,75
4x6	15,0	434	3,08	43,0	5,24
5x1,5	11,0	190	12,10	18,5	20,00
5x2,5	12,0	270	7,41	25,0	12,30
5x4	14,0	392	4,61	34,0	7,75
5x6	16,0	515	3,08	43,0	5,24
FRN05VV-R					
2x10	16,0	478	1,83	70,0	3,60
2x16	18,0	661	1,15	94,0	2,30
2x25	22,0	994	0,727	119,0	1,50
2x35	25,0	1329	0,524	147,0	1,10
3x10	17,0	585	1,83	70,0	3,60
3x16	20,0	845	1,15	94,0	2,30
3x25	24,0	1267	0,727	119,0	1,50
3x35	27,0	1674	0,524	147,0	1,10
4x10	19,0	716	1,83	60,0	3,10
4x16	22,0	1042	1,15	80,0	2,00
4x25	26,0	1599	0,727	101,0	1,30
4x35	29,0	2082	0,524	126,0	0,90
5x10	20,3	854	1,83	60,0	3,10
5x16	24,0	1271	1,15	80,0	2,00
5x25	29,0	1917	0,727	101,0	1,30
5x35	29,05	2496	0,524	126,0	0,90

(1) Intensités maximales valables pour une canalisation posée sur tablette à la température ambiante de 30°C. Les intensités et les chutes de tension des câbles à 2 ou 3 conducteurs correspondent à un circuit monophasé et celles des câbles à 4 ou 5 conducteurs à un circuit triphasé.

NF-USE

CONDUCTEURS SOUPLES CUIVRE ISOLE PVC
NF C32-201, HD 21.3, NT 88.05

H05V-K / H07V-K

UTILISATION
Les câbles H07V-K peuvent être installés et employés dans les mêmes conditions que les câbles H07V-U et H07V-R.
Ils sont plus particulièrement destinés au câblage des tableaux ou des appareils grâce à la souplesse de l'âme, à la résistance aux pliages et aux vibrations, et à la qualité des connexions qu'elle permet.

MODE DE POSE
Les conducteurs des séries H07V-K peuvent être posés avec protection mécanique réalisée par :
- conduits en apparent ou encastré
- moulures ou plinthes
- conduits dans des goulottes, gaines, caniveaux non inondables, et vide de constructions ou sans protection mécanique sur isolateurs.

TENSION NOMINALE
Pour la série H05V-K : 300/500 Volts
Pour la série H07V-K : 450/750 Volts

SPÉCIFICATION DES AMES
- Cuivre : Classe 5

TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'AME
- En permanence : 70 °C
- En court-Circuit : 160 °C

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS
Par coloration.

AUTRES APPELLATIONS
U500SV.

DESCRIPTION

AME
Cuivre
ISOLATION
PVC

CORE
Copper
INSULATION
PVC

H05V-K / H07VK

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Section mm²	Diamètre Ext. approx. mm	Masse approx. Kg/Km	Résistance Linéique Maximale de l'âme en courant continu à 20°C Ω/Km	Intensité(1) en régime permanent (2 cond. Chargés) Ampères	Chute Tension entre phases cosφ=0,8 (2 cond. Chargés) V/A/Km
H05V-K					
0,5	2,1	8,5	39	8	-
0,75	2,3	11,3	26	11	-
1	2,5	14	19,5	13,5	-
H07V-K					
1,5	2,9	20	13,3	17,5	26
2,5	3,5	31	7,98	24	15
4	4,1	47	4,95	32	9,5
6	4,7	65	3,30	41	6,3
10	6,0	109	1,91	57	3,7
16	7,0	162	1,21	76	2,3
25	8,7	254	0,780	96	1,5
35	9,8	345	0,554	119	1,1
50	11,7	482	0,386	144	0,74
70	13,4	680	0,272	184	0,52
95	15,4	904	0,206	223	0,40
120	17,0	1141	0,161	259	0,31
150	19,0	1422	0,129	299	0,25
185	21,0	1734	0,106	341	0,20
240	24,0	2275	0,0801	403	0,15

(1) Intensités maximales valables pour : conducteurs posés dans un seul conduit en montage apparent, ou encastré dans une paroi; ou vide de construction; ou goulotte, ou moulure; ou sous plinthe à la température ambiante de l'air 30 °C.

NF-USE

CÂBLES SOUPLES CUIVRE 500V ISOLES PVC/PVC
NF C32-201, HD 21.5, NT 88.07

H05VV-F

UTILISATION
Ils sont utilisés
- dans les locaux domestiques, cuisines, bureaux, y compris locaux humides.
- pour l'alimentation d'appareils domestiques soumis à des efforts mécaniques moyens (par exemple machine à laver, essoreuse, réfrigérateur).

Ce type de câble n'est pas approprié pour l'emploi à l'extérieur, dans des ateliers industriels ou agricoles, ni pour l'alimentation d'outils électriques portatifs non domestiques.

La température maximale à la surface du câble ne doit pas excéder 50°C. Au delà, il importe de rendre le câble inaccessible aux personnes et aux animaux.

TENSION NOMINALE
300/500 Volts

SPÉCIFICATION DES AMES
Cuivre : Classe 5

TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'AME
- En permanence : 70 °C
- En court-Circuit : 160 °C

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS

Nombre de conducteurs	Disposition A	Disposition B
2		Marron, Bleu
3	Vert/Jaune, Marron, Bleu.	Noir, Bleu Marron
4	Vert/Jaune, Noir, Bleu, Marron	Noir, Bleu Marron, Noir
5	Vert/Jaune, Noir, Bleu, Marron, Noir	Noir, Bleu Marron, Noir, Noir

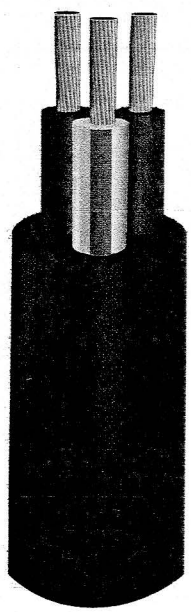
La désignation du câble indique la disposition avec Vert/Jaune par la lettre 'G'.
Par exemple H05VV-F 5G2,5 mm²

AUTRES APPELLATIONS
SV1V .

DESCRIPTION

AME
Cuivre
ISOLATION
PVC
GAINE EXTERIEURE
PVC

CORE
Copper
INSULATION
PVC
SHEATH
PVC



H05VV-F

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Section mm²	Diamètre Ext. approx. mm	Masse approx. Kg/Km	Résistance Linéique Maximale de l'âme en courant continu à 20°C Ω/Km	Intensité(1) en régime permanent (2 cond. Chargés) Ampères	Chute Tension entre phases cosφ=0,8 (2 cond. Chargés) V/A/Km
H05VV-F					
2x0,75	6,2	55	26	14	49,8
2x1	6,6	64	19,5	17	37,3
2x1,5	7,6	87	13,3	22	25,5
2x2,5	9,2	133	7,98	30	15,3
3x0,75	6,6	65	26	14	49,8
3x1	7	77	19,5	17	37,3
3x1,5	8,3	110	13,3	22	25,5
3x2,5	10,0	167	7,98	30	15,3
4x0,75	7,1	78	26	12	43,1
4x1	7,8	96	19,5	14	32,3
4x1,5	9,2	137	13,3	18,5	22,1
4x2,5	10,9	205	7,98	25	13,2
5x0,75	8,0	97	26	12	43,1
5x1	8,6	114	19,5	14	32,3
5x1,5	10,3	168	3,3	18,5	22,1
5x2,5	12,1	248	7,98	25	13,2

(1) Intensités maximales valables pour un câble seul fixé par collier et séparé de la paroi ou posé sur tablette perforée, chemin de câbles, corbeaux, échelles à câbles, à l'abri du soleil à la température ambiante de 30°C. Les intensités et les chutes de tension des câbles à 2 ou 3 conducteurs correspondent à un circuit monophasé et celles des câbles à 4 ou 5 conducteurs à un circuit triphasé.

CÂBLES MEPLATS SOUPLES 300V ISOLES PVC NF C32-201, HD 21-5

H03VH-H

UTILISATION
Ils sont utilisés
- dans les locaux domestiques cuisines, bureaux.
- pour l'alimentation d'appareils domestiques soumis à des efforts mécaniques très faibles (par exemple poste de radio)

MODE DE POSE
Les câbles de section nominale égale à 0,5 mm² ne doivent ni avoir une longueur supérieure à 2m ni être parcourus par un courant supérieur à 3 A.

TENSION NOMINALE
300/500 Volts

SPÉCIFICATION DES AMES
Cuivre : Classe 5
- Les deux conducteurs, placés parallèlement, sont recouverts par une enveloppe isolante commune en PVC de forme méplate formant aussi gaine de protection.
Une séparation aisée des conducteurs, sans porter atteinte à l'intégrité de la gaine, est permise par une rainure longitudinale.

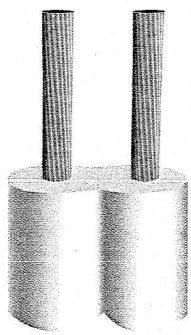
TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'AME
- En permanence : 70 °C
- En court-Circuit : 150 °C

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS
Aucun

AUTRES APPELLATIONS
SVM - Méplat

DESCRIPTION

AME
Cuivre
ISOLATION
PVC



CORE
Copper
INSULATION
PVC

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Section mm²	Dimensions Ext. Approximatives mm	Masse approx. Kg/Km	Résistance Linéique Maximale de l'âme en courant continu à 20°C Ω/Km	Intensité(1) en régime permanent Ampères
H03VH-H				
2x0,50	2,70 x 5,4	23,7	39,0	10,0
2x0,75	2,70 x 5,4	27,1	26,0	13,5

(2) Intensités maximales valables pour un câble seul fixé par collier et séparé de la paroi ou posé sur tablette perforée, chemin de câbles, corbeaux, échelles à câbles, à l'abri du soleil à la température ambiante de 30°C.

CÂBLES COAXIAUX DE TRANSMISSION HAUTE FRÉQUENCE
CÂBLES DE DISTRIBUTION TÉLÉVISUELLE
NFC 90 130, NFC 93 550

VATC - KX

UTILISATION

Les câbles série VATC selon NFC 90 130 sont utilisés dans les systèmes de distribution télévisuelle comme câble antenne TV (23VATC) ou comme descente et distribution d'antenne parabolique (17VATC & 12VATC)

Les câbles série KX selon NFC 93550 sont employés dans le secteur électronique professionnel ou dans la vidéo et la télésurveillance.

SPÉCIFICATION DES AMES:

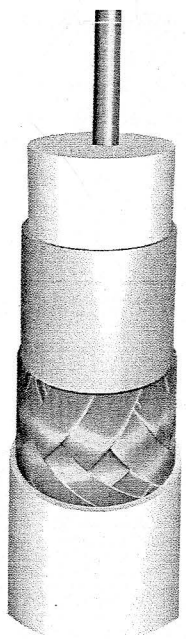
Série VATC: Ame cuivre recuit massive
Série KX : Ame cuivre recuit câblée

DESCRIPTION

23VATC	17VATC 12VATC	KX 15	KX 104	KX 106 KX 8
Ame Massive Cuivre Recuit		Ame Cablée Cuivre étamé	Ame Cablée Cuivre Recuit	
Isolation Polyéthylène Cellulaire		Isolation Polyéthylène Plein		
Ruban Alu-Mylar				
Tresse en Cuivre étamé			Tresse en Cuivre Rouge	
Gaine PVC Blanche	Gaine PVC Noire ou Blanche	Gaine PVC Noire		Gaine PVC Verte

23VATC	17VATC 12VATC	KX 15	KX 104	KX 106 KX 8
Solid Annealed Copper Core		Stranded tinned Copper Core	Stranded Annealed Copper Core	
Cellular Polyethylene Insulation		Filled Polyethylene Insulation		
Alu-Mylar Tape				
Tinned Copper Braid			Annealed Copper Braid	
PVC Sheath White	PVC Sheath Black or White	PVC Sheath Black		PVC Sheath Green

23 VATC



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Type	Equivalent Selon MIL C17 E	Impédance A 200 MHz En Ω	Affaiblissement A 800MHz dB/100m	Ame Cuivre Formation mm	Dielectrique	Blindage	Gaine Nature & Couleur	Gaine Dia. mm.
VATC								
23VATC	-	75	23	1x 0,85	PE Cell	Ruban Alu & Tresse Cu étamé	PVC Blanc	6,1
17VATC	-	75	17	1x1,15	PE Cell	Ruban Alu & Tresse Cu étamé	PVC Blanc ou Noir	7,2
12VATC	-	75	12	1x1,70	PE Cell	Ruban Alu & Tresse Cu étamé	PVC Blanc ou Noir	10,2
KX								
KX 104	RG 213/U	50	-	7x0,75	PE Plein	Tresse Cu. Rouge	PVC Noir	10,2
KX 106	RG 59 B/U	75	-	7x0,20	PE Plein	Tresse Cu. Rouge	PVC Vert	6,1
KX 8	RG 11 A/U	75	-	7x0,40	PE Plein	Tresse Cu. Rouge	PVC Vert	10,2
KX 15	RG 58 U	50	-	19x0,20	PE Plein	Tresse Cu. étamé	PVC Noir	5,0

CÂBLES DE SIGNALISATION FERROVIAIRE
CÂBLES CUIVRE ISOLE POLYÉTHYLÈNE
NF F55 698

ZPGU-ZPFU-ZPAU

UTILISATION
Ils sont utilisés pour le transport le long des voies ferrés, sur des distances de quelques kilomètres, des informations électriques agissant sur les appareillages de signalisation. Les câbles relient entre eux les postes de signalisation, leurs satellites et les centres d'appareillages.

MODE DE POSE
Les câbles série ZPFU et ZPAU sont généralement posés en tranchés. Les câbles série ZPGU sont généralement posés en caniveaux ou en conduits plastiques.

TENSION NOMINALE :
450/750 V

SPÉCIFICATION DES AMES:
- Cuivre massive de section 1 mm² et de diamètre 1,13 mm.

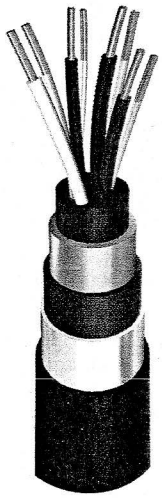
TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'AME
- En permanence : 70 °C
- En court-Circuit : 150 °C

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS
Les conducteurs des câbles des séries ZPGU, ZPFU et ZPAU sont assemblés en paires :
- 1er fil des paires : incolore
- 2ème fil des paires : successivement noir (pilote), bleu (direction), jaune, rouge , vert, bleu, jaune, rouge, vert,etc...

Pour les câbles à deux paires qui est en quarte étoile, les fils de la première paire sont incolores et bleus, les fils de la deuxième paire sont noirs et jaunes. Dans le câble à une paire, les fils sont incolores et noirs.

DESCRIPTION

ZPFU



ZPGU	ZPAU	ZPFU
Ame massive Cuivre		
Isolation Polyéthylène		
Ruban D'assemblage		
Gaine d'étanchéité en Polyéthylène		
Ecran en Ruban de cuivre		
	Matelas PVC	
	Armure en Feuillards Acier	
Gaine en PVC		

ZPGU	ZPAU	ZPFU
Solid Copper Core		
Polyethylene Insulation		
Assembling Tape		
Waterproof Polyethylene Sheath		
Copper Tape Screen		
	PVC Bedder	
	Steel Tape Armor	
PVC Sheath		

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Section mm²	Diamètre Extérieur mm			Masse approximative Kg/Km		
	ZPGU	ZPFU	ZPAU	ZPGU	ZPFU	ZPAU
1 P x 1	10	-	-	93	-	-
2 P x 1	13	15	16	144	246	360
3 P x 1	14	-	-	183	-	-
4 P x 1	-	17	18	-	334	453
7 P x 1	17	21	22	315	623	770
14 P x 1	23	27	28	563	970	1166
21P x 1	-	31	32	-	1277	1540
28 P x 1	-	34	36	-	1573	1870
56 P x 1	-	45	47	-	2645	3065